تكنولوجيا وفسيولوجيا

ما بعد حصاد الخضر غير الثمرية

التداول والتخزين والتصدير

سلسلة تكنولوجيا وفسيولوجيا الخضر

تكنولوجيا وفسيولوجيا
ما بعد حصاد الخضر غير الثمرية
التداول والتخزين والتصدير

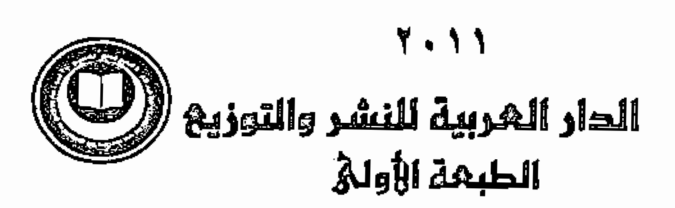
تأليف

أ. د. أحمد عبدالمنعم حسن

أستاذ الخضر

كلية الزراعة – جامعة القاهرة

٢٠١١



الدار العربية للنشر والتوزيع

الطبعة الأولى

حقوق النشر

تكنولوجيا وفسيولوجيا

ما بعد حصاد الخضر غير الثمرية

التداول والتخزين والتصدير

رقم الإيداع : ٢٣٢٧٢ /٢٠١٠

I. S. B. N. : 977-258-387-9

٣٢ شارع عباس العقاد – مدينة نصر – القاهرة

ت: ٢٢٧٥٣٣٣٥ فاكس: ٢٢٧٥٣٣٨٨

E-mail: aldar_alarabia1@yahoo.com

مقدمة الناشر

يتزايد الاهتمام باللغة العربية في بلادنا يومًا بعد يوم. ولاشك أنه في الغد القريب ستستعيد اللغة العربية هيبتها التي طالما امتهنت وأذلت من أبنائها وغير أبنائها ولا ريب في أن امتهان لغة أية أمة من الأمم هو إذلال ثقافي فكري للأمة نفسها؛ الأمر الذي يتطلب تضافر جهود أبناء الأمة رجالاً ونساءً، طلابًا وطالبات، علماء ومثقفين، مفكرين وسياسيين في سبيل جعل لغة العروبة تحتل مكانتها اللائقة التي اعترف المجتمع الدولي بها لغة عمل في منظمة الأمم المتحدة ومؤسساتها في أنحاء العالم، لأنها لغة أمة ذات حضارة عريقة استوعبت – فيما مضى – علوم الأمم الأخرى، وصهرتها في بوتقتها اللغوية والفكرية، فكانت لغة العلوم والأدب، ولغة الفكر والكتابة والمخاطبة.

إن الفضل في التقدم العلمي الذي تنعم به أوروبا اليوم يرجع في واقعه إلى الصحوة العلمية في الترجمة التي عاشتها في القرون الوسطى. فقد كان المرجع الوحيد للعلوم الطبية والعلمية والاجتماعية هو الكتب المترجمة عن اللغة العربية لابن سينا وابن الهيثم والفارابي وابن خلدون وغيرهم من عمالقة العرب، ولم ينكر الأوروبيون ذلك، بل يسجل تاريخهم ما ترجموه عن حضارة الفراعنة والعرب والإغريق، وهذا يشهد بأن اللغة العربية كانت مطواعة للعلم والتدريس والتأليف، وأنها قادرة على التعبير عن متطلبات الحياة وما يستجد من علوم، وأن غيرها ليس بأدق منها، ولا أقدر على التعبير.

ولكن ما أصاب الأمة من مصائب وجمود بدأ مع عصر الاستعمار البريطاني والفرنسي، عاق اللغة عن النمو والتطور، وأبعدها عن العلم والحضارة، ولكن عندما أحس العرب بأن حياتهم لابد من أن تتغير، وأن جمودهم لابد أن تدب فيه الحياة، اندفع الرواد من اللغويين والأدباء والعلماء في إنماء اللغة وتطويرها، حتى أن مدرسة القصر العيني في القاهرة، والجامعة الأمريكية في بيروت درستا الطب بالعربية أول إنشائها ولو تصفحنا الكتب التي ألفت أو تُرجمت يوم كان الطب يدرس فيهما باللغة العربية لوجدناها كتبًا ممتازة لا تقل جودة عن مثيلاتها من كتب الغرب في ذلك الحين، سواء في الطبع، أو حسن التعبير، أو براعة الإيضاح، ولكن هذين المعهدين تنكرا للغة العربية فيما بعد، وسادت لغة المستعمر، وفُرضت على أبناء الأمة فرضًا، إذ رأى المستعمر في خنق اللغة العربية مجالاً لعرقلة الأمة العربية.

وبالرغم من المقاومة العنيفة التي قابلها، إلا أنه كان بين المواطنين صنائع سبقوا الأجنبي فيما يتطلع إليه، فتفننوا في أساليب التملق له اكتسابًا لرضاته، ورجال تأثروا بحملات المستعمر الظالمة، يشككون في قدرة اللغة على استيعاب الحضارة الجديدة، وغاب عنهم ما قاله الحاكم الفرنسي لجيشه الزاحف إلى الجزائر "علموا لغتنا وانشروها حتى نحكم الجزائر، فإذا حكمت لغتنا الجزائر، فقد حكمناها حقيقة".

فهل لي أن أوجه نداءً إلى جميع حكومات الدول العربية بأن تبادر – في أسرع وقت ممكن – إلى اتخاذ التدابير، والوسائل الكفيلة باستعمال اللغة العربية لغة تدريس في جميع مراحل التعليم العام والمهني، والجامعي، مع العناية الكافية باللغات الأجنبية في مختلف مراحل التعليم لتكون وسيلة الإطلاع على تطور العلم والثقافة والانفتاح على العالم. وكلنا ثقة من تجاوب العلماء والأساتذة بالتعريب، نظرًا لأن استعمال اللغة القومية في التدريس ييسر على الطالب سرعة الفهم دون عائق لغوي، وبذلك تزداد حصيلته الدراسية، ويرتفع بمستواه العلمي، وبذلك يعتبر تأصيلا للفكر العلمي في البلاد، وتمكينًا للغة القومية من الازدهار والقيام بدورها في التعبير عن حاجات المجتمع، وألفاظ ومصطلحات الحضارة والعلوم.

ولا يغيب عن حكوماتنا العربية أن حركة التعريب تسير متباطئة، أو تكاد تتوقف، بل تحارب أحيانًا ممن يشغلون بعض الوظائف القيادية في سلك التعليم والجامعات، ممن تربى الاستعمار في نفوسهم عقدًا وأمراضًا، رغم أنهم يعلمون أن جامعات إسرائيل قد ترجمت العلوم إلى اللغة العبرية، وعدد من يتخاطب بها في العالم لا يزيد عن خمسة عشر مليون يهوديًا. كما أنه من خلال زياراتي لبعض الدول واطلاعي وجدت كل أمة من الأمم تدرس بلغتها القومية مختلف فروع العلوم والآداب والتقنية، كاليابان، وإسبانيا، وألمانيا، ودول أمريكا اللاتينية. ولم تشك أمة من هذه الأمم في قدرة لغتها على تغطية العلوم الحديثة، فهل أمة العرب أقل شأنًا من غيرها؟!

وأخيرًا، وتمشيًا مع أهداف الدار العربية للنشر والتوزيع، وتحقيقًا لأغراضها في تدعيم الإنتاج العلمي، وتشجيع العلماء والباحثين في إعادة مناهج التفكير العلمي وطرائقه إلى رحاب لغتنا الشريفة، تقوم الدار بنشر هذا الكتاب المتميز الذي يعتبر واحدًا من ضمن ما نشرته – وستقوم بنشره – الدار من الكتب العربية التي قام بتأليفها أو ترجمتها نخبة ممتازة من أساتذة الجامعات المصرية والعربية المختلفة.

وبهذا ننفذ عهدًا قطعناه على المضي قدمًا فيما أردناه من خدمة لغة الوحي وتبعة أداء ما أراده الله تعالى لنا من جهاد فيه.

وقد صدق الله العظيم حينما قال في كتابه الكريم ﴿وَقُلِ اعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ وَسَتُرَدُّونَ إِلَى عَالِمِ الْغَيْبِ وَالشَّهَادَةِ فَيُنَبِّئُكُمْ بِمَا كُنْتُمْ تَعْمَلُونَ﴾ سورة التوبة الآية ١٠٥

محمد أحمد دربالة

الدار العربية للنشر والتوزيع

المقدمة

أقدم للقارئ العربى فى هذا الكتاب عرضًا شاملاً لموضوع تفتقر إليه المكتبة العربية بشدة، فى الوقت الذى يحتاجه – بشدة كذلك – جميع العاملين فى مجالات إنتاج وتسويق وتصدير الخضر. فهذا الكتاب يتناول بالشرح المفصل كل ما يتعلق بعمليات حصاد، وتداول (إعداد وتدريج، وتبريد أولى، وتعبئة ... إلخ)، وتخزين، وشحن، وتصدير محاصيل الخضر غير الثمرية، مع بيان للجوانب الفسيولوجية المتعلقة بكل محصول على حدة، والجوانب التكنولوجية الخاصة بتطبيقات التقنيات الحديثة فى شتى أنشطة ما بعد الحصاد.

ونظرًا لأن محاصيل الخضر كثيرة ومتنوعة، كما تتنوع متطلباتها من عمليات التداول، فقد قسمت إلى نصفين فى كتابين مستقلين يشملا: الخضر الثمرية، والخضر غير الثمرية. ونعرض فى هذا الكتاب للخضر غير الثمرية التى تتضمن كلا من: البطاطس (الفصل الأول)، والبطاطا (الفصل الثانى)، وباقى الخضر الجذرية والدرنية (الفصل الثالث)، والبصل (الفصل الرابع)، والثوم (الفصل الخامس)، والأسبرجس (الفصل السادس)، والخرشوف (الفصل السابع)، والخضر الكرنبية غير الجذرية (الفصل الثامن)، والخس (الفصل التاسع)، وباقى الخضر الورقية (الفصل العاشر)، وعيش الغراب والكمأة ونبت البذور (الفصل الحادى عشر)

والله أسأل أن يكون قد حالفنى التوفيق فى تقديم إضافة جديد للمكتبة العربية، وللمعنيين بهذا المجال الهام.

أ. د. أحمد عبد المنعم حسن

محتويات الكتاب

الموضوع	الصفحة

الموضوع | الصفحة

الفصل الثاني: البطاطا

الموضوع	الصفحة

الصفحة | الموضوع

الفصل التاسع : الخس

الفصل الأول

البطاطس

الحصاد

يتطلب إجراء الحصاد بطريقة مناسبة مراعاة بعض الأمور؛ مثل تحديد الموعد المناسب للحصاد وطريقة التخلص من النموات الخضرية، وطريقة الحصاد ذاتها.

تحديد موعد الحصاد

يتوقف الموعد المناسب للحصاد على الغرض من الزراعة، والجانب الاقتصادى الخاص بالأسعار؛ فالبطاطس البلية تقلع قبل تمام نضجها، وتصدر للخارج، وتعامل بطريقة خاصة، حتى لا تتلف أثناء الشحن. وقد يلجأ بعض المنتجين إلى إجراء الحصاد فى مرحلة أكثر تقدمًا من النضج، إلا أن الدرنات لا تكون مكتملة النضج أيضًا، ويحدث ذلك عند ارتفاع الأسعار ونقص المعروض من المحصول فى الأسواق، إلا أن ذلك يكون على حساب المحصول الكلى؛ لأن المحصول يزداد زيادة كبيرة مع استمرار تقدم الدرنات فى النضج. وتستمر الزيادة فى المحصول، حتى بعد بداية موت أوراق النبات. وعلى المنتج أن يوازن ما بين الفرق فى الأسعار، والفرق فى كمية المحصول.

ويكتمل نضج معظم أصناف البطاطس فى خلال ١٠٠–١٢٠ يوم من الزراعة.

ومن بين أهم دلائل النضج الحصادى لدرنات البطاطس، ما يلى:

١– وصول الدرنات إلى أقصى حجم لها.

٢– مقاومة جلد الدرنة للتسلخ، حيث يكون قد اكتمل تكوينه، ويصعب خدش الدرنة أو سلخ الجلد عند الضغط عليها بالإبهام.

٣– يعد محتوى السكر دليلاً للنضج فى بطاطس التصنيع، علمًا بأن مستوى السكر يرتفع فى كل من الدرنات غير الناضجة والزائدة النضج.

٤– شيخوخة النموات الخضرية وبدء اصفرارها قبل الحصاد (فى حالة عدم قتلها وهى مازالت خضراء)، إلا أن الارتباط بين شيخوخة النموات الخضرية ومقاومة الجلد للتسلخ يتباين بين الأصناف (Voss ٢٠٠٤).

وأهم ما يعيب الحصاد المبكر ما يلى:

١– نقص المحصول.

٢– زيادة نسبة الدرنات المتسلخة، وزيادة فرصة تعرضها للإصابات الميكانيكية، ومن ثم زيادة فرصة إصابتها بالعطب، وضعف مقدرتها على التخزين

٣– زيادة نسبة السكريات فى الدرنات، فلا تصلح لعمل الشبس، أو القلى

ويعيب تأخير الحصاد ما يلى:

١– تتعرض الدرنات فى العروة الصيفية للإصابة بلفحة الشمس، وبفراش درنات البطاطس

٢– تتعرض الدرنات فى الجو البارد فى نهاية العروة الخريفية إلى زيادة نسبة السكر فيها، فلا تصلح لعمل الشبس، أو للقلى.

ولكن يجب تأخير قطع النموات إلى حين اكتمال نضج الدرنات حسب الصنف المزروع (Kandeel وآخرون ١٩٩١، و Chaurasia & Singh ١٩٩٢)

التخلص من النموات الخضرية قبل الحصاد

نظرًا للاهتمام بوقاية حقول البطاطس من الإصابات الحشرية والفطرية، فإن النموات الخضرية تبقى بحالة جيدة، حتى يحين موعد الحصاد، مما يستلزم التخلص منها قبل إجراء الحصاد.

ويتم التخلص من النموات الخضرية يدويًا، أو آليًا، أو كيميائيًا، ففى مصر تجرى هذه العملية يدويًا بإزالة العروش قبل الحصاد بيوم أو يومين وقد تجرى هذه العملية باستخدام آلات خاصة تقوم بتقطيع النموات الخضرية وجمعها وتعد كلتا الطريقتين

من الطرق السريعة التى تزداد معها حـــدة العيوب الفسيولوجية التى تصيب الدرنات.

ويوصى بتهيئة حقل البطاطس للحصاد عندما تكون الدرنات قد بلغت الحجم المناسب للصنف المزروع، وذلك بإعطاء الحقل رية غزيرة أخيرة، ثم — بعد يوم أو يومين — تقطع النموات الخضرية عند مستوى سطح الأرض، وهى التى تكون — غالبًا — قد بدأت فى الاصفرار يسمح ذلك الإجراء ببدء التغيرات التى تؤدى إلى زيادة سمك جلد الدرنة وغلق العديسات. يجب جمع النموات الخضرية المقطوعة والتخلص منها خارج الحقل حتى لا تكون مصدرًا لأى جراثيم مرضية يمكن أن تصيب الدرنات عند حصادها. وبعد نحو ٨–١٠ أيام من قطع النموات الخضرية تفحص درنات بعض النباتات للتأكد من أن جلد الدرنة أصبح سميكًا وتصعب إزالته بالإبهام؛ وبغير ذلك يؤخَّر الحصاد لأيام قليلة أخرى.

كما قد يتم التخلص من النموات الخضرية؛ وذلك برشها ببعض المركبات الكيميائية التى قد تقتلها بسرعة أو ببطء. ومن المركبات المستعملة لهذا الغرض ما يلى:

١– حامض الكبريتيك: يقتل النموات الخضرية بسرعة

٢– بخار الأمونيا يقتل النموات الخضرية فى خلال ٢٤ ساعة من المعاملة

٣– مركبات الداى نيترو dinitro المختلفة تقتل النموات الخضرية فى خلال ٤–١٠ أيام.

٤– حامض الكريزيلك Cresylic Acid.

٥– مركب النجراثال nigrathal (Ware & MaCollum ١٩٨٠).

٦– هارفيد Harvade: يستعمل بمعدل ٠,٣–١,١ كجم/هكتار (٠,١٢٥–٠,٥ كجم/فدان) قبل الموعد المتوقع للحصاد بنحو ١٤–٢٠ يومًا. يُمتص المركب خلال ٤–٦ ساعات من المعاملة، ويُحدث تأثيره بتكوين طبقة انفصال فى الأوراق التى تؤدى إلى سقوطها (Read ١٩٨٢)

٧– مبيد الحشائش داينوسب dinoseb: ترش به النباتات قبل الحصاد بنحو أسبوعين، على ألا تقل درجة الحرارة عن ١٣°م

٨– مبيد الحشائش إندوثال endothall (كما فى Disicate II) ترش به النباتات قبل الحصاد بنحو ١٠–١٤ يومًا.

٩– مبيد الحشائش باراكوات paraquat (كما فى جراماكسون Gramaxoe): ترش به النباتات قبل الحصاد بثلاثة أيام، ولا يستخدم فى حالة البطاطس التى يراد تخزينها، وتلك التى تستعمل كتقاو (Whitesides ١٩٨١).

١٠– مبيد الحشائش ديكوات:

إن مبيد الحشائش ديكوات Diquat (كما فى رجلون Reglone) هو الأكثر استخدامًا لأجل تجفيف النموات الخضرية للبطاطس قبل حصادها، ولكن يُعاب عليه أن تجفيف السيقان – إن لم يكن كاملاً – يؤدى إلى استعادتها لنموها، كما أنه يؤدى إلى خفض الكثافة النوعية للدرنات

١١– جُرِّب استخدام مركب جديد أعطى الرمز UCC-C4243 بمعدل ٤٣ جم للفدان مقارنة باستخدام الديكوات بمعدل ١١٤ جم للفدان، ووجد أن كليهما لم يؤثر فى كمية المحصول إلا أن المركب UCC-C4243 كان أكثر كفاءة فى عملية التجفيف حيث لم تظهر بعد المعاملة به نموات جديدة، كما أنه لم يخفض الكثافة النوعية للدرنات مثلما حدث مع استعمال الديكوات

والـ UCC-C4243 عبارة عن substituted uracil، وله تأثير واسع فى تجفيف الحشائش لدى تعرضها لضوء الشمس، ويعمل من خلال تثبيط تمثيل الـ porphyrin وعديد من الإنزيمات (Pavlista ٢٠٠١)

١٢– الجلوفوسينيت – أمونيوم

يستعمل الجلوفوسينيت–أمونيوم glufosinate-ammonium فى قتل النموات الخضرية للبطاطس قبل حصادها. وقد وجد – على مدى موسمين للزراعة – أن المعاملة بـ ٠٤٨ كجم من تلك المادة للهكتار (٠,٢ كجم للفدان) لم يكن لها أى تأثير على المحصول، كما أدت إلى زيادة نسبة الدرنات التى يتراوح قطرها بين ٣٥، و ٧٠

ملليمترًا، إلا أن المعاملة كان لها تأثيرات سلبية على كل من محتوى الدرنات من المادة الجافة، وفيتامين جـ، مع زيادة في تركيز السكريات الحرة (Gonnella وآخرون ٢٠٠٩).

١٣- كابوكى:

يحتوى التحضير التجارى كابوكى Kabuki على المادة الفعالة بيرافلوفين-إثيل pyraflufeen-ethyl، وهو يستعمل بمعدل ٥٠٠ مل (سم٣) للفدان لأجل حرق النموات الخضرية للبطاطس؛ الأمر الذى يُستكمل فى خلال أسبوع من الرش

إن الرش بمجففات النموات الخضرية يعد أفضل وسيلة للتخلص من تلك النموات قبل الحصاد، وهى تكون أكثر فاعلية فى الجو الحار الصحو، على ألا تزيد الحرارة عن ٢٧°م، ولا يجب الرش عند توقع سقوط المطر أو فى وجود الندى يجرى الرش قبل الحصاد بنحو ١٠-٢١ يومًا حسب المادة المستعملة

ولتجنب مخاطر تلون طرف الدرنة المتصل بالساق - الذى يحدث فى حالات القتل السريع للنموات الخضرية - يراعى ما يلى:

١- عدم زيادة المعدل المستخدم عن الحد الأقصى المسموح به، علمًا بأن ذلك الحد ينخفض بتقدم نضج المحصول.

٢- عندما يكون النمو الخضرى قويًا وغزيرًا يمكن — حسب المادة المستعملة — الرش مرتين بتركيز منخفض على أن يفصل بينهما مدة ٥-٧ أيام.

٣- عندما تكون النباتات نشطة فى النمو وشديدة الرهافة، وعندما تكون الحرارة عالية يجب استعمال مركبات بطيئة التأثير.

ويؤدى تأخير قتل النموات الخضرية فى البطاطس إلى زيادة الكثافة النوعية للدرنات، مع زيادة فى محتواها من كل من السكروز والجلوكوز (Sabba وآخرون ٢٠٠٧).

وعلى الرغم من أهمية التخلص من النموات الخضرية قبل الحصاد، فإن إجراءها

مبكرًا يؤدى إلى نقص المحصول، ونقص الكثافة النوعية للدرنات، وتلون الحزم الوعائية فى الطرف القاعدى للدرنات باللون البنى، وخاصة فى الخشب والأنسجة البرانشيمية المحيطة به وتزداد حدة هذه الأعراض عند اتباع وسائل القتل السريع للنموات الخضرية، بينما تقل هذه المشاكل أو تختفى عند اتباع وسائل القتل البطئ لهذه النموات فنجد – مثلاً – أن حالات تلون الحزم الوعائية لدرنات البطاطس تزداد عند استعمال المركبات التى تُحدث قتلاً سريعًا للنوات الخضرية؛ مثل حامض الكبريتيك، وكذلك الدكوات diquat، والدينوسب Dinoseb، بينما تقل كثيرًا حالة تلون الحزم الوعائية عند استعمال المركبات التى تحدث قتلاً بطيئًا للنموات الخضرية مثل الميتوزيرون metoxuron (Oglivy ١٩٩٢)

ويجب التخطيط لإجراء الحصاد بعد نحو ٢-٣ أسابيع من قتل النموات الخضرية، لأجل إعطاء وقت كافٍ لاكتمال تكوين وثبات جلد الدرنة؛ وبذا .. تقل فرصة إصابة الدرنات بالخدوش والتسلخات أثناء الحصاد وبعده.

أهمية حرارة التربة عند الحصاد

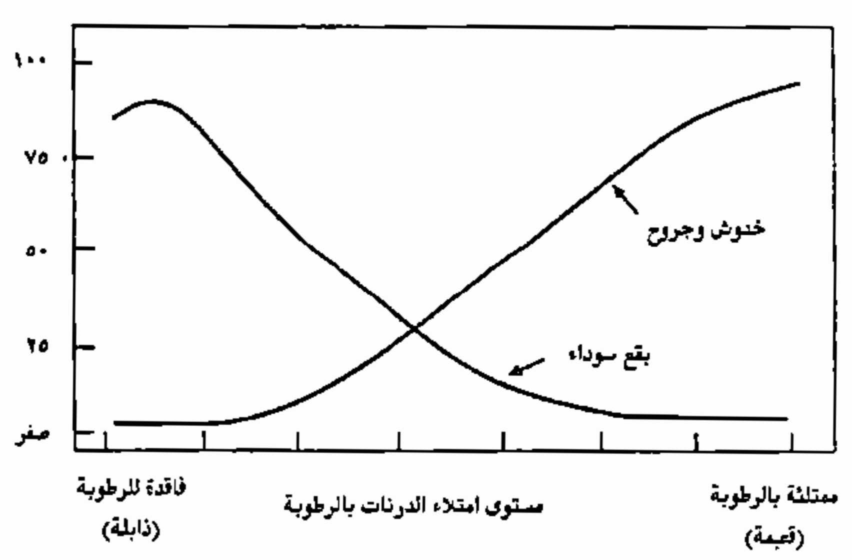
يفضل حصاد البطاطس عندما تتراوح حرارة الدرنات بين ١٠، و ١٥°م وإذا كانت الدرنات أبرد من ذلك تزداد فرصة إصابتها بالبقع السوداء وخدوش الاحتكاكات، ولكن الأمر يتأثر كذلك برطوبة الدرنات، حيث تزداد الخدوش فى الدرنات الباردة الممتلئة بالرطوبة، وتزداد الإصابة بالبقع السوداء فى الدرنات الباردة الفاقدة لرطوبتها جزئيًّا وعلى الرغم من أن الدرنات التى تزيد حرارتها عن ١٥°م تكون أقل عرضة للإصابة بالجروح إلا أنها تحتاج إلى تبريد سرع لكى لا تزداد فيها الإصابة بالأعفان.

ولا يجب حصاد حقول البطاطس إذا وصل انخفاض حرارة التربة على العمق الذى توجد فيه الدرنات إلى ٧°م، لأن الدرنات الباردة تزداد فيها الأضرار الميكنيكية عند الحصاد وإذا استمرت الحرارة منخفضة يؤجل الحصاد حتى آخر النهار حيث تكون حرارة التربة أعلى ما يمكن.

أهمية المحتوى الرطوبى لكل من التربة والدرنات عند الحصاد

يجب أن يتراوح المحتوى الرطوبى فى التربة عند الحصاد بين ٦٠٪، و ٧٥٪ من الرطوبة عند السعة الحقلية، لأجل السماح بانفصال التربة تمامًا عن الدرنات ويتوقف تحديد موعد الرية السابقة للحصاد على نوع التربة، علمًا بأن الدرنات التى تحصد من حقول موحلة تقل قدرتها على التخزين.

كذلك فإن رطوبة لتربة تؤثر على رطوبة الدرنات، ولذلك أهميته؛ فيؤثر مستوى رطوبة الدرنات على شدة تعرضها للأضرار وعندما تكون الدرنات فاقدة لرطوبتها جزئيًا dehydrated فإنها تكون أكثر تعرضًا للإصابة بالبقع السوداء blackspot، بينما تكون الدرنات المتلئة أكثر تعرضًا للخدوش التى تنتج من الاحتكاكات (شكل ١١-١)، ويصاحب الرطوبة المتوسطة أقل قدر من الأضرار. ولذا .. يجب دائمًا ملاحظة رطوبة التربة بعد قتل النموات الخضرية خلال الفترة التى تسبق الحصاد.



شكل (١-١): تأثير المستوى الرطوبى للدرنات على مدى القابلية للإصابة بكل من البقع السوداء black spots، والخدش والتجريح للبطاطس من صنف رصت بربانك Russet Burbank على ٧-١٠ م (عن Thornton & Bohl ٢٠٠٧).

طريقة الحصاد

يجب أن تجمع أولاً الدرنات المكشوفة للتخلص منها، نظرًا لأنها تكون خضراء اللون، وأغلبها مصاب بلفحة الشمس، وبفراش الدرنات.

الحصاد اليدوي

تقلع البطاطس في معظم أراضي الوادى والدلتا بمصر أساسًا بواسطة المحراث البلدى، كما تستخدم الفأس وشوكة البطاطس في التقليع في المساحات الصغيرة. وفي حالة استعمال المحراث البلدى يراعى عدم تجريح الدرنات؛ وذلك باختيار سلاح عريض للمحراث، مع إمراره عميقًا أسفل الدرنات، أى أسفل خط الزراعة ويلى ذلك جمع الدرنات في صناديق، أو في أقفاص مبطنة بالخيش؛ لمنع تسلخ الدرنات وإصابتها بالكدمات.

الحصاد الآلي

يجرى الحصاد آليًا في المزارع الكبيرة في مصر، كما في الأراضي الجديدة. ويوجد من آلات الحصاد ما هو ذو أمشاط ثابتة، وتقوم بتقليع الدرنات فقط، ومنها ما هو ذو أمشاط دائرية، وتقوم إلى جانب تقليع الدرنات بتخليصها من كتل التربة، وبقايا النموات الخضرية.

ولا يمكن حصاد البطاطس آليًا إلا إذا كانت جميع العمليات الزراعية السابقة – من تحضير للتربة، وزراعة، وترديم، ومكافحة حشائش، وقتل للنموات الخضرية – قد أجريت بطريقة صحيحة كما يجب مرور وقت كاف بين قتل النموات الخضرية والحصاد، ليتسنى تقسية جلد الدرنة؛ حتى لا يتسلخ عند الحصاد.

تقوم معظم آلات حصاد البطاطس بحصاد خطين أو أربعة خطوط (وحتى ١٢ خط أحيانًا) مباشرة ونقل الدرنات إلى شاحنة تتحرك مع آلة الحصاد، لتقوم – بدورها – بنقل المحصول – أولاً بأول – إلى محطة التعبئة، أو شركات التصنيع، أو المخازن وفي بعض المناطق – وخاصة إن لم تشكل الحجارة أو كتل الطين أى مشاكل – يتم تقليع الدرنات وتركها معرضة للهواء لحين جمعها يدويًا

ويتعين عند حصاد البطاطس آليًا مراعاة ما يلي:

١- وقف الري قبل الحصاد بنحو ٢-٣ أسابيع ، فذلك يسمح بالتدهور التدريجي للنموات الخضرية ، مما يسرع من اكتمال تكوين جلد الدرنة ويحفزه

٢- إعطاء رية خفيفة بالرش قبل الحصاد بهدف تجنب تكوين التربة للقلاقيل الكبيرة عند الحصاد، وهي التي تزيد من تسلخ وخدش الدرنات وإحداث الكدمات بها عند الحصاد.

٣- إزالة النموات الخضرية من الحقل قبل الحصاد كما أسلفنا.

إن النموات الخضرية قد تتسبب في صعوبات في عملية الحصاد، كما أنها قد تؤوي مسببات أمراض وحشرات يمكن — في حالة عدم التخلص من النموات — أن تنتقل مع الدرنات إلى المخازن. ولذا .. يوصى بالتخلص من تلك النموات — باستعمال آلات التقطيع — أيًا كانت الطريقة التي قُتلت بها النموات الخضرية.

٤- تغليف كل السيور الناقلة بالمطاط؛ وذلك لأن الدرنات إذا ما اصطدمت بالصلب فإن الطاقة الحركية تمتصها الدرنة، وتكون الطريقة الوحيدة لتخلص الدرنات من تلك الطاقة هي بحدوث تسلخات أو قطوع أو خدوش بها. بينما إذا ما اصدمت الدرنة بمطاط فإن جانباً كبيرًا من الطاقة يمتصه المطاط، ولا يكون هناك سوى القليل من الطاقة التي تتخلص منها الدرنات في صورة أضرار تحدث بها.

٥- التنسيق بين سرعة آلة الحصاد وحركة السيور الناقلة للمحصول، فالدرنات يجب أن تُحمل إلى السيور الأولى (الصاعدة) التي تستقبلها (الـ draper chains) بنفس سرعة حركة الآلة تقريبًا أو بسرعة تزيد عنها بنحو ٥٪ إلى ١٠٪؛ ذلك لأن السير الناقل إذا ما تحرك بطيئًا عما ينبغي فإن الدرنات تتصادم معًا وتتدافع لأعلى مما يحدث بها أضرار وتلفيات. وإذا ما كان تحرك السير الناقل أسرع مما ينبغي فإن الدرنات تتحرك بسرعة كبيرة؛ بما يعني زيادة احتمال إصابتها بالأضرار إذا ما تصادمت مع بعضها البعض أو مع أجزاء من آلة الحصاد

٦- العمل على أن تنتقل التربة مع الدرنات إلى أعلى مستوى ممكن من السير

الصاعد (draper chain) مع استمرار السماح بانفصال الدرنات عن التربة؛ ذلك لأن التربة تلطف من ارتطام الدرنات ببعضها البعض.

٧– الحد من ارتفاعات السقوط والأركان الحادة:

نجد أنه في كل مرة تسقط فيها درنة بطاطس أو تمر على زاوية فإنها لابد وأن ترتطم بشئ ما، علمًا بأن لتلك الارتطامات تأثير متجمع كذلك يجب التخلص من أى تدحرج زائد عن الضرورة للدرنات لأن ذلك يزيد من تسلخها، خاصة إذا ما اختلطت بها قلاقيل التربة.

٨– الحد من ارتفاع سقوط الدرنات في الشاحنة الملازمة لآلة الحصاد، ويتحقق ذلك بخفض ارتفاع الذراع (الـ boom) التي تسقط منها الدرنات ويمكن خفض سرعة سقوط الدرنات من الـ boom (وخاصة بالنسبة للدرنات الأولى التي تسقط في قاع الشاحنة) بتثبيت زائدة ذات أفرع مطاطية في نهاية الـ boom يمكن أن تصتدم بها الدرنات قبل وصولها إلى قاع الشاحنة

٩– تغطية الشاحنة بالـ canavas؛ الأمر الذي يعد ضروريًا أيًا كانت المدة التي يستغرقها نقل المحصول أو حتى مجرد انتظاره في الحقل، وهذا الإجراء ضروري جدًا في الجو الحار لمنع جفاف الدرنات وتلون سطحها بالبنى، واخضرارها، وكذلك لتجنب تجمدها في الجو البارد ومن الضروري كذلك أن يكون انتظار الشاحنات لتفريغها في مكان مظلل

وبصورة عامة .. تجب – أيضًا – مراعاة الأمور التالية:

١– عدم نقل كتل "قلاقيل" التربة من الحقل؛ فهي يمكن أن تحدث أضرارًا بالدرنات في أي وقت يحدث بينهما احتكاك، سواء أحدث ذلك في الشاحنات، أم في محطة التعبئة، أم في المخزن. وإنه لمن الأهمية بمكان عدم وصول تلك القلاقيل إلى المخزن إذا إنها تضعف من حركة دوران الهواء بين الدرنات؛ وبذا تمنع التحكم الجيد في درجة الحرارة والرطوبة النسبية.

٢– عدم نقل درنات مضارة بشدة أو متعفنة من الحقل؛ فهي عديمة القيمة الاقتصادية، وتتسبب في انتشار الأعفان بين الدرنات في المخزن

٣- لا يجب الحصاد فى الجو الشديد الحرارة، علمًا بأن أبرد فترات اليوم هى من الصباح المبكر حتى بعد الظهر بقليل. ويؤدى الحصاد من تربة ساخنة وفى هواء حار إلى التلون السطحى البنى للدرنات والإصابة بالقلب الأسود، والعفن الطرى، والاخضرار

٤- توخى الحذر الشديد عند الحصاد فى الجو البارد؛ فالبطاطس الباردة تكون ممتلئة turgid وتكون عرضه للتشقق والإصابة بالخدوش بسهولة أكبر عن الدرنات الدافئة، ويتمين ممارسة الحرص الشديد معها فى كل مراحل الحصاد والتداول. ويفضل تجنب حصاد وتداول الدرنات إذا كانت حرارتها أقل من ٧,٥°م.

٥- تجنب العجلة؛ فمن الأفضل تعبئة وتخزين ما يمكن تداوله من درنات بأعلى جودة ممكنة دون عجلة عن تعبئة وتسويق ضعف الكمية من درنات رديئة الصفات وتعرضت لأضرار شديدة بسبب العجلة والإهمال فى الحصاد والتداول.

٦- المحافظة على الجودة؛ فالبطاطس عالية الجودة هى التى تباع أولاً، بينما تلك الرديئة الجودة تُخفّض أسعارها كثيرًا ليمكن بيعها. ومن الأهمية بمكان المحافظة على الجودة والسمعة الجيدتين (Schweers وآخرون ٢٠٠٧).

الأضرار التى قد تحدثها عملية الحصاد الآلى بالدرنات

قد تتسبب عملية الحصاد الآلى فى إحداث جروح وخدوش وكدمات بدرنات البطاطس

وتعرض أربعة أنواع من تلك الخدوش والكدمات bruises التى تحدث بدرنات البطاطس (شكل ١١-٣)، هى كما يلى:

١- التسلخ skinning أو التربيش feathering

يحدث التسلخ - غالبًا - نتيجة لتداول درنات غير مكتملة التكوين؛ مما يؤدى إلى انفصال جلدها وتلون النسيج الذى يوجد تحت الجلد المنسلخ بلون داكن نتيجة التعرض للرياح وأشعة الشمس والجفاف. وقد تصبح - بذلك - غير صالحة لأسواق البيع الطازج.

٢- البقع السوداء blackspot.

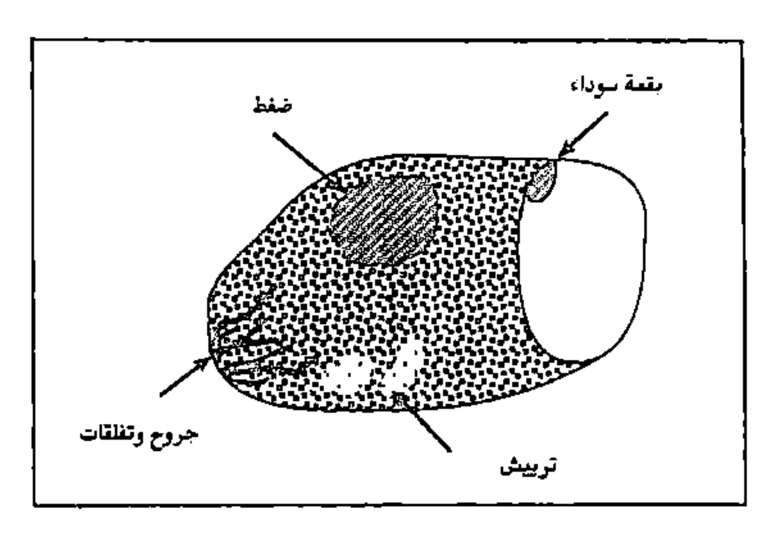
يحدث هذا العرض عندما يتعرض نسيج الدرنة تحت الجلد لأضرار جراء سقوط الدرنات أو تعرضها لضغوط، دون أن يتسبب ذلك في تمزقات بالجلد؛ حيث نجد فى خلال ٢٤-٤٨ ساعة أن الأنسجة المصابة تتحول إلى اللون الرمادى القاتم أو الأسود، ولكنها لا ترى إلا بعد تقشير الدرنة.

٣- التشققات والتفلقات shatter bruise:

تحدث التشققات والتفلقات بالدرنات لدى تعرضها لضغوط، خاصة وهى باردة وممتلئة بالرطوبة، ولا تكون تلك التشققات عميقة، ولكنها تسمح بنفاذ مسببات الأعفان الفطرية والبكتيرية

٤- خدوش الضغوط pressure bruise

تتكون تلك الأضرار فى المخازن نتيجة الضغوط التى تتعرض لها الدرنات؛ فتظهر بها مساحات مسطحة وغائرة، وتزداد حدتها عندما تكون الدرنات فاقدة لجزء من رطوبتها، وهى قد لا تصلح للتسويق الطازج (Thoronton & Bohl ٢٠٠٧)



شكل (١-٢): أنواع الرضوض والكدمات والخدوش التى تحدث بدرنات البطاطس.

ومن أهم المشاكل التى تتسبب فيها الخدوش والجروح التى تحدث بالدرنات، ما يلى:

١– زيادة الخسائر أثناء التخزين، بسبب الفقد فى الوزن وانتشار الأمراض.

٢– زيادة تكلفة العمالة، بسبب الحاجة إلى الفحص والتشذيب قبل التصنيع.

٣– الفقد الناشئ عن التشذيب قبل التصنيع، وفرز الدرنات المضارة بشدة.

٤– خفض جودة المنتج النهائى.

٥– زيادة حالات الإصابة بالأعفان.

٦– تقصير فترة الصلاحية للتخزين؛ لقصر فترة سكون الدرنات المجروحة وسرعة تزريعها فى المخازن (Twiss ١٩٦٣).

٧– تقليل مظهر البطاطس الطازجة فى الأسواق.

٨– زيادة معدلات فقد الماء من الدرنات وسرعة ذبولها.

وتفيد معاملة درنات البطاطس سطحيًا بالكاتيكول catechol فى سرعة الكشف عن الأضرار التى حدثت بالدرنات أثناء عملية الحصاد وأحدثت بها جروحاً سطحية. ونظرًا لأن البقع السوداء blackspots نادرًا ما تكون مصاحبة بجروح فى جلد الدرنة، لذا فإنه لا يمكن الكشف عنها بالكاتيكول. أما الدرنات المخدوشة فإنها تبدأ فى التلون بعد ٦–١٢ ساعة من حدوث الضرر، وغالبًا ما يلزم مرور ٢٤ ساعة أو مدة أطول من ذلك لوصولها إلى أقصى درجة من التلوين ويمكن تقصير تلك الفترة بتعريض الدرنات لحرارة عالية سواء أكانت الحرارة جافة أم رطبة، علمًا بأنه لا يمكن معرفة مدى امتداد التلون إلا بعد إزالة جلد الدرنة. أما عند استعمال الكاتيكول فإنه يمكن التعرف على الأضرار فى خلال دقائق معدودة، ولكنها لا تفيد فى تحديد مدى الضرر الكلى.

وتتأثر شدة أضرار الخدوش التى تحدث بالدرنات عند الحصاد بالعوامل التالية:

١– حالة التربة:

تحدد حالة التربة عند الحصاد مدى سهولة انفصال التربة عن الدرنات؛ فيكون من

الصعب انفصال الأراضي الثقيلة والمندمجة والزائدة الرطوبة عن الدرنات، بينما يحدث العكس في الأراضي الخفيفة والمتوسطة القوام والمفككة والرطبة باعتدال وأفضل رطوبة أرضية هي ٦٠٪ إلى ٨٠٪ من السعة الحقلية في الأراضي الصفراء والرملية وتزداد فرصة حدوث الأضرار في الأراضي الثقيلة والجافة ذات القلاقيل نظرًا لأنها تمر مع الدرنات خلال آلة الحصاد وكلما ازدادت صعوبة فصل التربة عن الدرنات كلما ازدادت الحاجة إلى الاهتزازات بسيور آلة الحصاد؛ بما يعني حدوث مزيدًا من الأضرار وأحيانًا تتسبب الأحجار التي تتواجد في التربة في زيادة الأضرار التي تحدث للدرنات.

إن التربة الرملية الجافة تنفصل عن الدرنات عند الحصاد بسرعة كبيرة أثناء تواجدها على السير الناقل الأول، مما يزيد من الأضرار التي يمكن أن تحدث بالدرنات؛ ولذا يجب إعطاء رية خفيفة لترطيب التربة؛ مما يقلل من سرعة انفصالها عن الدرنات. وإذا لم يكن الري ممكنًا تتعين زيادة سرعة آلة الحصاد لزيادة تواجد التربة مع الدرنات على السيور الناقلة الأولى والتالية

أما إذا كانت التربة زائدة الرطوبة فإن ذلك يعني وصول كمية زائدة من التربة مع الدرنات على السيور الناقلة، وتواجه هذه المشكلة بإبطاء سرعة آلة الحصاد؛ لكي تقل كميات التربة التي تنتقل مع الدرنات. وفي كل الحالات يجب أن تحمل تربة مع الدرنات حتى نهاية السيور الثانوية.

ويوصى دائمًا بأن تكون نسبة حركة السير الناقل الأولى primary إلى سرعة آلة الحصاد ١,٠-١,٢ في الأراضي الرملية، و ١,٢-١,٥ في الأراضي الثقيلة، أما السير الثانوي secondary فتكون النسبة ٠,٦٥ أيًا كان نوع التربة، مع المحافظة على سرعة للسير الثانوي لا تقل عن ٣٣م في الدقيقة لتجنب ارتجاع الدرنات (Thornton & Bohl ٢٠٠٧)

٢- حالة الدرنات.

يؤدي تأخير الحصاد لمدة ٢٠ يومًا بعد قتل النموات الخضرية إلى زيادة "نضج"

الدرنات؛ حيث تصبح أكثر مقاومة للتسلخ وللإصابة بأضرار الخدش كذلك فإن لرطوبة الدرنات أهميتها في الإصابة بالأضرار حيث تكون الدرنات الممتلئة بالرطوبة أكثر قابلية للإصابة بالخدوش التي تتسبب فيها الضغوط، وأكثر مقاومة للإصابة بالبقع السوداء، بينما يحدث العكس في الدرنات التي فقدت جانبًا من رطوبتها.

٣- حرارة الدرنات:

بصورة عامة .. تزداد القابلية للإصابة بالخدوش كلما انخفضت حرارة الدرنات، وخاصة عند انخفاض الحرارة عن ١٠°م. وتكون حرارة الدرنات مماثلة لحرارة التربة المحيطة بها، علمًا بأن الارتفاع أو الانخفاض في حرارة التربة يتأخر عن الارتفاع أو الانخفاض في حرارة الهواء بنحو ٣-٤ ساعات. ولذا .. فإن التوقيت المناسب للحصاد أثناء الصيف يكون ابتداء من الصباح الباكر وحتى منتصف النهار، أما التوقيت المناسب للحصاد شتاء فيكون ابتداء من وقت العصر حتى بدايات الليل.

٤- آلة الحصاد وكيفية عملها.

ويتطلب الحد من إصابة الدرنات بالخدوش والجروح ما يلي:

١- قبل الزراعة:

أ - عدم الزراعة في حقول تكثر بها الأحجار.

ب- تجنب العمليات الزراعية التي تؤدي إلى تكون قلاقيل كبيرة صلبة لا تتفتت أثناء موسم النمو.

٢- أثناء موسم النمو:

إعطاء برنامج تسميد متوازن يسمح ببقاء النموات الخضرية خضراء حتى قبل قتلها بقليل

٣- تجهيزات قبل الحصاد:

أ- تدريب عمال الحصاد على كيفية الحد من الخدوش.

ب- استخدام سيور مغطاة بالمطاط في آلات الحصاد والتداول، مع تغيير الغطاء المطاطي كلما تآكل.

جـ– ضبط سرعة السير الناقل ليتوافق مع سرعة سير آلة الحصاد؛ لتأمين تدفق متجانس من درنات البطاطس على كل سير.

د – تغطية أجزاء آلة الحصاد التي يمكن أن تتصادم معها الدرنات – أثناء حركتها – بالمطاط.

٤– قتل النموات الخضرية:

أ– يتم قتل النموات الخضرية قبل الحصاد بنحو ١٤–٢١ يومًا لأجل السماح باكتمال تكوين جلد الدرنات. ولمنع إصابة الدرنات بالبقع السوداء يفضل قتل النموات الخضرية قبل موت ٤٠٪ منها.

ب– تعطى رية واحدة قبل الحصاد بما لا يقل عن أسبوع لأجل ليونة القلاقيل ولإكساب الدرنات ما قد تكون قد فقدته من رطوبة

٥– الحصاد:

أ– لا يجرى الحصاد إلا عندما تكون حرارة الدرنات ٧–١٨°م

ب– يقلل إسقاط الدرنات في المراحل المختلفة لعملية الحصاد إلى أدنى حد ممكن.

جـ– تجنب استخدام سيور هزازة لفصل التربة وقلاقيل الطين عن الدرنات في آلة الحصاد

د– جعل نهاية مخرج الدرنات النهائي في آلة الحصاد من الـ boom قريبة من الشاحنة المجاورة لها

هـ– عدم السير على الدرنات أثناء تثبيت الغطاء على الشاحنة (Thornton & Bohl ٢٠٠٧)

تصل نسبة الأضرار التي تحدثها عملية الحصاد الآلي إلى حوالي ١٠٪، وتكون في صورة قطوع، وتشققات، وخدوش، وتسلخات.

ويمكن خفض نسبة هذه الأضرار إلى 5% أو أقل من ذلك بمراعاة ما يلي:

أ– خفض أسلحة آلة الحصاد إلى ما تحت مستوى الدرنات في التربة، لتجنب

قطعها للدرنات، ولضمان انتقالها إلى الآلة وهى على وسادة من التربة، ومن ثم تقل احتمالات خدشها.

ب- المحافظة على سرعة آلة الحصاد بين ١,٦ و ٢,٤ كم/ساعة (٢٧,٤-٣٩,٦م/دقيقة).

جـ- المحافظة على سرعة حركة سلسلة الآلة (chain) عند نحو ثمانى دورات فى الدقيقة (٣٨,١-٤٥,٧م/دقيقة). وتعد السرعة العالية لسلسلة آلة الحصاد أهم العوامل المؤدية إلى زيادة نسبة الأضرار.

د- خفض اهتزاز الآلة إلى أدنى مستوى ضرورى، مع عدم زيادة الاهتزاز إلا فى ظروف التربة والحصاد التى تستدعى ذلك.

هـ- شد سلسلة الآلة بما يكفى؛ لمنع ارتخائها

و- تغطية وصلات سلسلة آلة الحصاد ونهاياتها الحادة بالمطاط.

ز- عدم زيادة الارتفاعات التى تسقط منها الدرنات عن ١٥سم؛ سواء أحدث ذلك فى آلة الحصاد، أم عند انتقال الدرنات إلى سيارات النقل التى تنقلها إلى خارج الحقل (عن Kasmire ١٩٨٣).

٦- فى المخزن:

أ- تكويم الدرنات فى شكل سُلمى، أى على شكل هرم مدرج؛ لتجنب تدحرجها لمسافات كبيرة.

ب- تقليل سقوط الدرنات إلى الحد الأدنى.

جـ- المحافظة على رطوبة نسبية عالية ما لم يكن التجفيف ضروريًا لأجل مكافحة مشاكل الأعفان، مثل الندوة المتأخرة والعفن المائى (Thornton & Bohl ٢٠٠٧).

التداول

تترك الدرنات معرضة للهواء مدة تتراوح بين ساعة واحدة، وساعتين بعد التقليع، حتى تجف البشرة قليلاً، ثم تجمع وتنظف مما يكون عالقاً بها من طين. ويلى ذلك فرز الدرنات، لاستبعاد المصابة، والمجروحة، وغير المنتظمة الشكل.

العلاج التجفيفى أو المعالجة

يكون الغرض من إجراء عملية العلاج التجفيفى curing هو تكوين طبقة فلينية جيدة على جلد الدرنة، وعلى الأسطح المخدوشة؛ لكى تحميها من الخدش والتجريح، ومن الإصابة بالكائنات المسببة للعفن، ومن فقد الرطوبة والانكماش. وتجرى هذه العملية للدرنات المكتملة التكوين.

أما البطاطس الجديدة (البلية)، فإنها تنقل فور حصادها بعناية إلى مراكز التجميع؛ حتى لا تتعرض هذه الدرنات – غير التامة النضج، والسهلة التقشير – لدرجة الحرارة المرتفعة، ولو لساعة واحدة خلال فترة الحصاد، والتى تكون فى شهرى مارس وأبريل.

طرق إجراء عملية المعالجة

١– تحت ظروف الحقل:

تجرى هذه العملية فى مصر فى جزء مستو من الحقل، ينثر عليه السيفين ١٠٪، ثم يحدد المكان على شكل مستطيل بواسطة بالات من قش الأرز، وتفرغ فيه الدرنات من عبوات الحقل حتى ارتفاع ٨٠–١٠٠ سم، ثم تغطى بعد ذلك بقش الأرز الجاف النظيف بسمك ٤٠–٥٠ سم، مع تعفير طبقات القش بالسيفين ١٠٪، أو بالتوموسيون فى حالة البطاطس المعدة للاستهلاك، أو بالـ د د ت ١٠٪ بالنسبة للدرنات المعدة لتخزينها كتقاوٍ. ويراعى عدم تعفير الدرنات نفسها؛ لأن هذه المبيدات تمنع التئام الجروح، فضلاً عن سميتها للإنسان. وبعد الانتهاء من وضع القش يعفر من الخارج بأحد المبيدات المناسبة لطرد الفئران وفراش درنات البطاطس. وتستغرق عملية العلاج التجفيفى بهذه الطريقة مدة ١٠–١٥ يومًا. ويعرف انتهاء العلاج بصعوبة إزالة قشرة الدرنة بالإبهام.

ويَعْقُب العلاج التجفيفى فرز الدرنات مرة أخرى؛ لاستبعاد التالف والمصاب منها، ثم تعبأ الدرنات المعدة للاستهلاك المحلى مباشرة فى عبوات التسويق أو التخزين. ومن الأهمية بمكان تجنب ترك الدرنات معرضة لضوء الشمس المباشر؛ حتى لا تصاب بالاخضرار، ويجب – أيضًا – تجنُّب قذف الأجولة أو الأقفاص أو إسقاطها. والإهمال

فى تداولها، حتى لا تتعرض الدرنات للكدمات، أو التجريح، أو التسلخات، فتصبح بذلك عرضة للتلف أثناء الشحن أو التخزين.

٢- عند التخزين فى الثلاجات:

يتطلب تخزين البطاطس فى الثلاجات معالجتها أولاً، وهى العملية التى تحفز السوبرة والتئام الجروح وانخفاض معدل التنفس، والتى تجرى على ٢٠°م مع ٨٠٪ إلى ١٠٠٪ رطوبة نسبية. تكون المعالجة أبطأ كثيرًا على حرارة ١٠-١٢°م منها على حرارة ٢٥ إلى ٣٠°م كذلك فإن الرطوبة النسبية التى تقل عن ٨٠٪ تبطئ المعالجة. ويوصى — غالبًا — بإجراء المعالجة على ١٥°م للحد من الإصابة بالأعفان وتكون حرارة البطاطس التى تحصد شتاءً — عادة — أبرد من تلك التى تناسب عملية المعالجة، إلا أن تنفس الدرنات برفع حرارتها كما يرفع الرطوبة النسبية ويتم التحكم فى درجة الحرارة خلال تلك الفترة عن طريق مراوح التهوية ليلاً أو نهارًا. وتستغرق عملية المعاجلة أسبوعًا واحدًا إلى أسبوعين.

إن التئام جروح البطاطس يحدث أسرع ما يمكن فى حرارة ١٥-١٨°م ورطوبة نسبية عالية، حيث تتكون طبقة من السيوبرين تحت هذه الظروف فى خلال ٣-٥ أيام أما استعادة نشاط الخلايا تحت طبقة السيوبرين لاكتمال التئام الجرح فإنه يستغرق ١٠-٢٠ يومًا تبعًا لحالة البطاطس (Voss وآخرون ٢٠٠٧)

يتم أولاً تجفيف الدرنات من أى رطوبة حرة قد توجد عليها، وذلك بإمرار تيار من الهواء الدافئ نسبيًا حولها، ويستمر ذلك لعدة ساعات، لحين اكتمال عملية التجفيف السطحى. وهذه الخطوة ضرورية، لأن الدرنات التى يوجد عليها ماء لا تستجيب لعملية المعالجة. وتكون أكثر تعرضًا للإصابة بالعفن. وتبدأ بعد ذلك عملية العلاج التجفيفى التى تستمر لمدة أسبوع، تبقى خلاله الدرنات فى حرارة ١٠-١٥°م، ورطوبة نسبية من ٨٥٪-٩٥٪

تعتبر هذه الظروف اختيارًا وسطًا بين الظروف التى تناسب درنات البطاطس، وتلك

التى تناسب سرعة اكتمال عملية المعالجة بتكوين بيريدرم الجروح وترسيب السيوبرين، فكلاهما يكون أسرع فى حرارة ٢١°م، إلا أنه لا ينصح بذلك، حتى لا تتعفن الدرنات فى هذه الحرارة المرتفعة قبل إتمام عملية العلاج، كما أن درنات البطاطس تناسبها رطوبة نسبية أقل من ٨٥٪، إلا أنه لا ينصح بذلك قبل انتهاء عملية المعالجة، لتقليل فقد الماء من الدرنات إلى أدنى مستوى ممكن خلال تلك الفترة التى تفقد فيها الدرنات رطوبتها بسهولة، إلى أن يتكون بيريدرم الجروح، ويترسب السيوبرين وعلى الرغم من أن الرطوبة النسبية الأعلى من ٩٥٪ تقلل فقدان الماء بدرجة أكبر، إلا أنه لا ينصح بها حتى لا يتكثف الماء على الدرنات (Lutz & Hardenurg ١٩٦٨)

وما أن تنتهى عملية المعالجة حتى يبدأ خفض حرارة المخزن بمعدل درجة واحدة إلى درجتين مئويتين يوميًا حتى الوصول إلى الدرجة المرغوب فيها، مع الرطوبة النسبية المناسبة ويستخدم نظام الدفع الجبرى للهواء لتأمين تجانس الحرارة فى كل كومة الدرنات بالمخزن ومن الضرورى المحافظة على رطوبة نسبية تتراوح بين ٩٥٪، و ٩٩٪ فى كل الأوقات للحد من انكماش الدرنات وزيادة حساسيتها لكدمات الضغوط (Voss ٢٠٠٤)

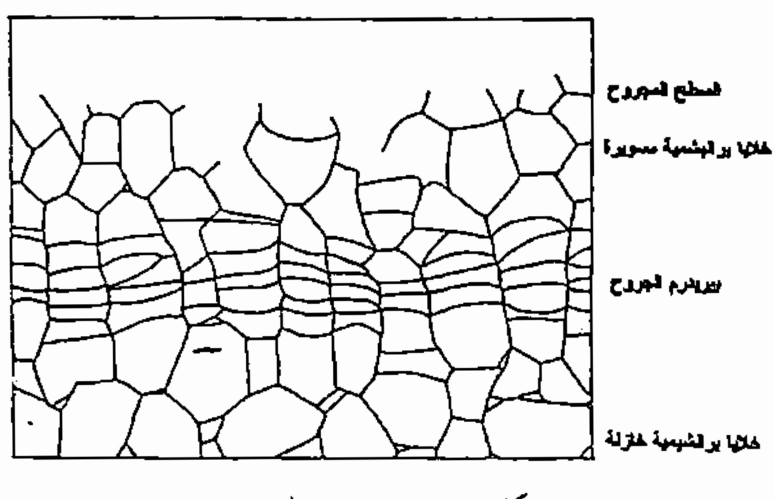
تكوين بيريدرم الجروح

تستجيب درنات لبطاطس للأضرار التى تحدث بطبقة الجلد بتكوين ما يعرف ببيريدرم الجروح Wound Periderm فى موقع الضرر، يحمى هذا البيريدرم الدرنة من الإصابة بالكائنات الدقيقة ومن فقد الرطوبة.

فبعد حدوث الضرر مباشرة تبدأ الخلايا تحت الجرح فى التسوبر واللجننة؛ حيث يترسب السيوبرين بامتداد الجدر الخلوية، وينغمد اللجنين فى الصفيحة الوسطى، ويبدأ فى الوقت ذاته ظهور جدر جديدة موازية للسطح المجروح فى عدد قليل من الخلايا التى توجد تحت مستوى السطح المجروح (تحت الخلايا التى تتسوبر جدرها) ويعد ذلك بداية عملية تكوين الفللوجين phellogen أو الكامبيوم الفلينى cork cambium،

الذى يكون مسئولاً عن تكوين الخلايا الجديدة، وهى. بيريدرم الجروح نحو الخارج، وفيللودرم phelloderm – أحيانًا – نحو الداخل (شكل ١-٣)

ويعد التكوين السريع والكامل لبيريدرم الجروح أمر حيويًا لبقاء الدرنات بحالة جيدة، وذلك لأنها تتعرض – دائمًا – لأضرار كثيرة أثناء حصادها وتدريجها، فإن لم تُستهلك فى الحال وجب علاجها لتكوين هذا البيريدرم (عن Thomson وآخرين ١٩٩٥)



شكل (١-٣): بيريدرم الجروح.

العوامل المؤثرة فى كفاءة عملية المعالجة

يتأثر التئام الجروح عند إجراء عملية المعالجة بالعوامل التالية:

١- نوع الجرح:

يتكون البيريدرم عميقًا فى أنسجة الدرنة تحت الخدوش، بينما يتكون بيريدرم الجروح wound periderm على الأسطح المقطوعة مباشرة.

كما يتكون بيريدرم الجروح فى حالة الخدوش السطحية بصورة أبطأ مما فى حالة القطوع.

٢- عمر الدرنات:

تقل قدرة الدرنات على تكوين بيريدرم الجروح مع تقدمها فى العمر بعد الحصاد، ومع زيادة فترة التخزين (Thomson وآخرون ١٩٩٥).

٣- الصنف:

تختلف الأصناف فى سرعة تكوينها لبيريدرم الجروح.

٤- درجة الحرارة:

تزداد سرعة تكوين بيريدرم الجروح بارتفاع درجة الحرارة ما بين ٢,٥ و ٢١°م وبينما تستغرق عملية سوبرة الخلايا التى تقع تحت الجروح مباشرة بين ثلاثة أيام وستة أيام فى حرارة ٢٠°م، فإنها تتطلب ٧ أيام–١٤ يومًا فى حرارة ١٠°م، و ٣ أيام–٦ أسابيع فى حرارة ٥°م. وبالمثل .. تستغرق عملية تكوين بيريدرم الجروح ٣–٥ أيام فى حرارة ٢٠°م، و ٧ أيام–١٤ يومًا فى حرارة ١٠°م؛ و ٤ أسابيع فى حرارة ٥°م

٥- الرطوبة النسبية:

يقل تكوين البيريدرم فى كل من الرطوبة النسبية الشديدة الانخفاض والشديد الارتفاع على حدٍ سواء؛ لأن السطح المجروح يجف فى الرطوبة المنخفضة، وتتكون قشرة crust تمنع أو تؤخر كثيرًا تكوين البيريدرم. أما فى الرطوبة العالية جدًا، فتتكون على الأسطح المقطوعة تجمعات من الخلايا تعوق تكوين البيريدرم

وبينما تعد رطوبة نسبية مقدارها ٩٨٪ مثالية لالتئام الجروح فى حرارة ١٠°م، فإن الالتئام لا يكون سريعًا فى رطوبة نسبية أقل من ٩٠٪، ولكن فى حرارة ٢٠°م تتساوى سرعة التئام الجروح فى أية رطوبة نسبية تزيد على ٧٠٪ (عن Brecht ١٩٩٥).

٦- تركيز غاز الأكسجين:

يتوقف ترسيب السيوبرين وتكوين البيريدرم فى غياب الأكسجين وتزداد سرعة كلتا العمليتين بزيادة تركيز الغاز حتى ٢١٪، لكن تكوين البيريدرم لا يبدأ قبل أن يصل تركيز الغاز إلى ٣٪–٥٪، بينما يترسب السيوبرين بدرجة قليلة ابتداء من تركيز ١٪

٧- تركيز غز ثانى أكسيد الكربون:

تؤدى التركيزات العالية من الغاز (من ٥٪-١٥٪) مع التركيز العادى للأكسجين (٢١٪) إلى منع تكوين البيريدرم، وخفض ترسيب السيوبرين.

٨- مانعات الإنبات Sprout inhibitors:

تؤدى المعاملات التى تمنع تنبيت الدرنات أثناء التخزين إلى تثبيط تكوين بيريدرم الجروح، سواء أكانت هذه المعاملات فيزيائية مثل التعرض لأشعة جاما، أم كيميائية مثل المعاملة بإستر الميثايل لنفثالين حامض الخليك methyl ester of napthalenacetic acid (Burton ١٩٧٨).

التدريج

تدرج درنات البطاطس حسب الحجم بواسطة آلات خاصة، ويجرى ذلك قبل التسويق، وهو الذى قد يكون بعد الحصاد مباشرة، أو بعد التخزين. ويجب فى الحالة الأخيرة رفع درجة حرارة الدرنات إلى ١٠°م قبل إجراء عملية التدريج، لأن إجراءها وهى باردة يجعلها أكثر عرضة للتجريح وللإصابة بالتبقع الأسود الداخلى

ويتم أثناء التدريج تقسيم البطاطس إلى رتب لا تتجاوز فيها العيوب الشكلية حدودًا معينة

التعبئة

تعبأ البطاطس البيضاوية والطويلة لأسواق الجملة فى كراتين تتسع لـ ٢٢,٧ كجم (٥٠ رطل)، ويوجد بها ٦٠ أو ٧٠ أو ٨٠ أو ٩٠ أو ١٠٠ درنة يكون متوسط وزن الواحدة منها ٣٨٠، و ٣٢٥، و ٢٩٦، و ٢٦٦، و ٢٣٧ جم على التوالى، وهى تعرض على المستهلك ليختار ما يشاء منها من أحجام.

أما عبوات أسواق التجزئة فإنها تزن — عادة — ٢,٢٧، و ٤,٥٥ كجم (٥، و ١٠ أرطال)، وتكون التعبئة فى أكياس بلاستيكية أو ورقية، وتكون الدرنات فيها — عادة — بوزن ١٥٠-٢٤٠ جم لكل درنة (Voss ٢٠٠٤).

المعاملة بمثبطات التزريع

المعاملة بالمركبات الكيميائية

إن من أهم المركبات التي تستخدم على نطاق تجاري في منع تزريع الدرنات (sprout Inhibitors) أثناء التخزين – بما يسمح بتخزين البطاطس في حرارة مرتفعة نسبيًّا تؤخر تراكم السكر في الدرنات – ما يلي:

١- الماليك هيدرازيد Maleic Hydrazide:

يكتب اختصارً MH وهو ملح البوتاسيوم كمركب 1,2,dihydro-3,6-pyridazinedione

ولا يستعمل الماليك هيدرازيد maleic hyrazide إلا في الحقل، حيث ترش به النباتات وهي مازالت خضراء بتركيز ٢٥٠٠ جزء في المليون وبمعدل حوالى كيلوجرام واحد من المادة لكل فدان قبل الحصاد بنحو ٤-٧ أسابيع وإذا أجريت المعاملة في الموعد المناسب، فإنها تكون فعّالة للغاية في منع التزريع في المخازن لمدة خمسة شهور على الأقل. لكن المعاملة المبكرة تؤدي إلى نقص المحصول، وزيادة نسبة الدرنات المشوهة، كما لا تكون المعاملة المتأخرة فعّالة في منع التزريع ولم تكن لتلك المعاملة أية تأثيرات على محصول البطاطس أو جودة الدرنات، كما ترتب عليها عدم انكماش الدرنات أو التدهور في الجودة أثناء التخزين وقد تميزت الدرنات التي حُصِلّ عليها من حقول تمت معاملتها بالمركب انخفاض محتواها من كل من السكريات المختزلة وغير المختزلة عندما خزنت على ٧°م (Peterson وآخرون ١٩٥١)

وأفضل وقت للمعاملة إما بعد سقوط البراعم الزهرية مباشرة، وإما حينما يبلغ قطر الدرنات حوالى ٢,٥-٥ سم حسب الصنف وقد نجحت المعاملة بالماليك هيدرازيد في تثبيط إنبات براعم جميع الأصناف. ويُحدث الماليك هيدرازيد تأثيره من خلال منعه لتمثيل البروتين والأحماض النووية؛ ومن ثم منع انقسام الخلايا

وللمعاملة بالماليك هيدرازيد مميزات أخرى؛ منها ما يلي:

أ- زيادة الكثافة النوعية للدرنات

ب- خفض تراكم السكريات المختزلة فى الدرنات، والفقد فى وزنها أثناء التخزين.
جـ- منع إنبات الدرنات الصغيرة التى تترك فى الحقل عند الحصاد، ومن ثم تجنب انتشار الأمراض الفيروسية – التى قد تحملها – فى موسم الزراعة التالى

ومن عيوب المعاملة بالماليك هيدرازيد أنها تؤدى إلى زيادة الجلوكوز فى الدرنات المخزنة على ٥°م بدرجة أعلى من تلك المخزنة فى نفس الحرارة. ولكن بدون معاملة (Gichohi & Pritchard ١٩٩٥).

تجرى المعاملة فى الحقل على النباتات السليمة النامية التى لم تتعرض لظروف غير مناسبة، وذلك قبل ما لا يقل عن أسبوعين من معاملة قتل النموات الخضرية. وإذا هطلت الأمطار فى خلال الأربع وعشرين ساعة التالية للمعاملة فإنها تصبح أقل كفاءة، كما لا تجوز المعاملة بالماليك هيدرازيد عند ارتفاع الحرارة عن ٢٩°م.

ومن أمثلة المنتجات التجارية للماليك هيدرازيد ما يلى:

Royal MH-30SG
Royal MH-30XTRA
Super Stop 80WS
Super Sprout Stop
Sprout Stop
Maleic Hydrazide 1.5K

٢- مركب سى أى بى سى (كلوربروفام):

يعرف هذا المركب تجاريًا باسم كلوربروفام Chlorpropham، وهو أيزوبروبايل -إن-٣-كلوروفينايل كاربامات isopropyl-N-(3-chlorophenyl)carbamate، ويكتب اختصارًا: CIPC

تؤدى المعاملة إلى منع التزريع نهائيًا فى المخازن (لمدة تزيد على ثلاثة شهور) عندما تكون ظروف التخزين جيدة.

وتجرى المعاملة بالمركب بإحدى الطرق التالية:

أ- تعفيرًا أثناء دخول الدرنات فى المخازن
ب- تبخيرًا فى المخازن (كايروسول) مع ضرورة التحكم فى التهوية وسرعة الهواء،

لضمان توزيع المادة جيدًا ومن المنتجات التجارية المستخدمة Sprout Nip 7A، و CIPC 98A

جـ– رشًا على الدرنات بمحلول مائى أو مستحلب مركز على الدرنات بعد خروجها من المخزن لأجل تعبئتها.

يستخدم لذلك ١٪ مستحلب بمعدل لتر واحد من المستحلب لكل طن من الدرنات أثناء تواجدها على مناضد التجفيف. ومن المنتجات التجارية Sprout Nip EC.

د– تعبئة الدرنات فى أكياس ورقية ذات أسطح داخلية معاملة بالمادة ويكفى ٢٠–٣٠جم من المادة لكل طن من الدرنات.

وتعتبر المعاملة بالتبخير أفضل الطرق، وتجرى بتسخين المركب مع الاستعانة بمولد ضباب aerosol generator لحقن المركب كغاز فى هواء المخزن ويلزم تواجد المركب بتركيز لا يقل عن ٢٠ جزءًا فى المليون فى قشرة الدرنة، لوقف إنبات البراعم

ويحدث المركب تأثيره من خلال منعه لتمثيل البروتين

ومن بين التأثيرات الأخرى المفيدة التى تحدثها المعاملة بالسى آى بى سى تقليل الفقد فى الوزن، وتثبيط أيض السكروز، ومنع فقد فيتامين جـ أثناء التخزين

ويعيب مادة الـ CIPC أنها تمنع تكوين بيريدرم الجروح، وتمنع انقسام الخلايا تحت الأسطح المقطوعة مباشرة، وتقلل من ترسيب السيوبرين، الأمر الذى يزيد من فرصة إصابة الدرنات المعاملة بالعفن، إلا إذا أجريت المعاملة بعد بضعة أسابيع من الحصاد حينما يكتمل التئام الجروح

كذلك قد تحفز التركيزات المنخفضة جدًا من المركب نمو البراعم داخليًا Internal Sprouts، وذلك عيب فسيولوجى، وتظهر هذه الحالة أحيانًا عندما تؤدى المعاملة إلى موت البراعم الطرفى دون التأثير على البراعم الأخرى (عن Weaver ١٩٧٢).

٣– مركب آى بى سى (بروفام):

يعرف البروفام Propham بالاسم الكيمائى أيزو بروبايل–٣–فينايل كاربامات

isopropyl-3-phenylcarbamate (يكتب اختصارًا · IPC)؛ وهو قد يستعمل منفردًا، أو مع الكلوربروفام (CIPC) بعد خلطهما معًا بنسب متساوية بمعدل ١ جم من المخلوط لكل طن من الدرنات ويلزم إجراء عملية العلاج التجفيفى للدرنات؛ للمساعدة على التئام الجروح فيها قبل معاملتها بهذين المركبين، لأنهما يمنعان تكوين بيريدرم الجروح

وتؤدى المعاملة بالبروفام إلى منع تزريع الدرنات لمدة لا تقل عن ثلاثة شهور. وعندما عوملت الدرنات بمخلوط المركبين معًا فى صورة مسحوق، لم يتبق فيها — بعد شهر من المعاملة — سوى آثار من البروفام. ولكن عندما عوملت الدرنات بالكلوربروفام فقط — على صورة ضباب aerosol — وجدت آثار من كلا المركبين — بروفام وكلوروبروفام — بعد انتهاء فترة التخزين، وأدى تقشير البطاطس قبل تقدير متبقيات المركبين إلى نقص تركيزهما بدرجة كبيرة (Conte وآخرون ١٩٩٥).

٤- مركب تى سى إن بى TCNP:

كان الهدف من استعمال مركب تتراكلورونيتروبنزين 2,3,5,6-tetrachloro-1-nitrobenzene فى بداية الأمر هو مكافحة فطر *Rhizoctonia solani* على نموات الدرنات التى تستخدم كتقاو. وقد طورت المعاملة بعد ذلك؛ لمنع تزريع الدرنات فى المخازن إن لم يرغب فى خفض حرارتها عن ٧°م. ويستعمل المركب فى صورة التحضير التجارى فيوزاركس Fusarix. بمعاملة كل من الدرنات المعدة للاستهلاك، وتلك المعدة لاستعمالها كتقاو عندما تكون فترة سكونها قصيرة؛ ذلك لأن المركب لا يوقف إنبات البراعم بصورة نهائية. يستعمل هذا المركب تعفيرًا بمعدل ١٠٠ جم من المادة الفعّالة لكل طن من الدرنات أثناء وضع المحصول فى المخازن. ويحتوى التحضير التجارى تكنازين technazine على ٥٪ من المادة الفعّالة. وتوقف المعاملة إنبات البراعم لفترة كبيرة. وتؤدى تهوية الدرنات لعدة أسابيع إلى تخليصها من المركب، واستعادة مقدرتها على الإنبات؛ لذا .. يمكن استعماله فى معاملة تقاوى البطاطس عند الرغبة فى تخزينها بدون تزريع. ومن بين جميع المركبات المستعملة فى معاملة الدرنات بعد الحصاد لمنع تزريعها، نجد أن الـ TCNB يعد المركب الوحيد الذى لا يؤدى استعماله إلى زيادة نسبة

الدرنات التى تصاب بالعفن إذا أجريت المعاملة قبل التئام الجروح (Ewing وآخرون ١٩٦٧)

٥- مركب إم إى إن أى MENA:

يعرف هذا المركب بالاسم الكيميائى مثايل إستر نفثالين حامض الخليك methyl ester of napthaleneacetic acid (اختصارًا: MENA)، وهو يستعمل على صورة مسحوق بمعدل ٢٥–٥٠جم منه لكل طن من الدرنات حسب طريقة المعاملة، وفترة التخزين المرغوبة، فقد تجرى المعاملة بواسطة تعفير الدرنات مباشرة بمعدل ٢٥ جم لكل طن من الدرنات بعد خلط المادة ببودرة التلك، أو بالتربة الناعمة، لضمان تجانس توزيعها.

ويفضل استعمال التربة؛ لأن اللون الأبيض الذى تتركه البودرة لا يكون مرغوبًا فيه وقد تتم المعاملة بتشبيع نوع خاص من الورق بالمركب، ثم يخلط بالدرنات بمعدل ٥٠ جم من المادة لكل طن من الدرنات؛ ذلك لأن المركب يتحول إلى الصورة الغازية فى حرارة الغرفة (Stalknect ١٩٨٣).

كما يمكن إدخال المركب فى صورة غازية مع الهواء الخارجى المستعمل فى التهوية، مع وقف إدخال أى هواء خارجى إضافى لمدة ٢٤–٤٨ ساعة بعد المعاملة، ولكن مع تشغيل أجهزة التهوية لتحريك الهواء داخل المخزن؛ وذلك لضمان وصول المركب إلى جميع الدرنات فيه (Talburt & Smith ١٩٥٩).

هذا وليس للمعاملة بهذه المادة أى تأثير على طعم الدرنات، أو صلاحيتها للاستهلاك، لكن عيبها الرئيسى هو أنها تمنع تكوين بيريدرم الجروح؛ مما يزيد من فرصة تعفن الدرنات إذا جرحت بعد إجراء عملية العلاج التجفيفى ولا تعامل الدرنات المعدة لاستعمالها كتقاو بهذه المادة، لكن يمكن تنبيت الدرنات المعاملة بغسلها بالماء والصابون، ثم معاملتها بالإثيلين كلوروهيدرين (عن Avery وآخرين ١٩٤٧)

٦- مركب دى أى بى إن DIPN:

كانت المعاملة مرتين بالـ diisopropylnaphthalene (اختصارًا DIPN) — كما فى المنتج التجارى Amplify بمعدل ٣٠٠ مجم/كجم من الدرنات الطازجة بنفس فاعلية الـ

CIPC بتركيز ٢٢ مجم/كجم في منع تزريع الدرنات خلال ١٠ شهور من التخزين أما الـ 1,4-dimethylnaphthalene (اختصارًا DMN) – كما في المنتج التجارى 1.4 Sight – فكان مؤثرًا أيضًا في منع التزريع، ولكن ليس بنفس قوة الـ DIPN أو الـ CIPC. وقد كانت معاملة واحدة بأى من الـ DIPN أو الـ DMN بمعدل ٣٠٠ مجم/كجم كافية لمنع التزريع على المدى القريب وقد أوضح التحليل أن متبقيات كلاً من الـ DIPN و الـ DMN كانت بعد ١٠ شهور من التخزين مماثلة لمتبقيات الـ CIPC أو أقل منها (Lewis وآخرون ١٩٩٧، و Afex & Kays ٢٠٠٤)

٧- مركب ١، ٨ سنيول:

على الرغم من أن المعاملة بالـ 1,8-cineole كانت أكثر فاعلية عن معاملة الـ CIPC في منع تزريع البطاطس خلال ٢٥ أسبوعًا من التخزين، إلا أن الدرنات المعاملة بالـ cineole كانت أعلى محتوى من كل من السكروز والسكريات المختزلة، وكان لون البطاطس المقلية المجهزة منها أكثر دكنة عما كان عليه الحال في المعاملة بالـ CIPC ومعاملة الكنترول (Daniels-Lake وآخرون ١٩٩٦).

٨- الإثيلين

يؤدى خفض تركيز الإثيلين في هواء مخازن البطاطس إلى تقليل تزريعها، إلاّ أن تقليل بزوغ النبت ونموه يتطلب خفض تركيز الإثيلين إلى أقل من ٠,٠١ جزء في المليون (Wills وآخرون ٢٠٠٣).

وقد أدى استمرار تعريض درنات البطاطس للإثيلين بمعدل ١٦٦ ميكرومول لكل م^{3} من المخزن إلى الحد من تزريع الدرنات والحد من نمو النبت في الدرنات التي حدث فيها تزريع، إلا أن البطاطس المحمرة المجهزة منها كانت أكثر دكنة عن تلك التي جهزت من درنات عوملت بالـ CIPC (Prange وآخرون ١٩٩٨).

وفي دراسة خزنت فيها الدرنات لمدة ٢٥ أسبوعًا على ٩°م وعوملت – بصورة منتظمة – بتركيزات ٠,٠٤، و ٤، و ٤٠، و ٤٠٠ جزء في المليون من الإثيلين، مقارنة بعدم المعاملة أو بالمعاملة بالـ CIPC بدون إثيلين مع التخزين في نفس الظروف، كانت لمعاملة الإثيلين

تأثيرًا واضحًا فى منع التزريع تناسب طرديًّا مع التركيز المستخدم منه وبينما كانت تركيزات ٤، و ٤٠، و ٤٠٠ جزء فى المليون من الإثيلين مماثلة فى فاعليتها لمعاملة الـ CIPC، فإن تركيز ٠,٤ جزء فى المليون كان وسطًا فى تأثيره على التزريع بين معاملة الـ CIPC والكنترول غير المعامل. وقد حدثت زيادة فى دكنة الشبس المجهز من الدرنات التى عوملت بالإثيلين فى خلال خمسة أسابيع من التخزين، ولكن تلك الزيادة تناقصت بعد ذلك، وإن بقيت دكنة لون الشبس بعد ٢٥ يومًا من التخزين أعلى فى معاملة الإثيلين بتركيز ٤، و ٤٠ جزءًا فى المليون عما كان عليه الحال فى معاملة الـ CIPC كذلك لم يختلف الفقد فى الوزن بين معاملات الإثيلين ومعاملة الـ CIPC، بينما بلغ الفقد ٥٠٪ بعد ٢٥ أسبوعًا من التخزين فى معاملة الكنترول (Daniels-Lake وآخرون ٢٠٠٥)

هذا إلاّ أن الإثيلين لم يستخدم تجاريًّا – بعد – لمنع التزريع فى درنات البطاطس

٩– فوق أكسيد الأيدروجين

كان معدل التزريع (وجود نموات برعمية يزيد طولها عن ملليمترين) فى درنات البطاطس، التى عوملت مرة واحدة أو أربع مرات (مرة كل خمسة أسابيع) بأى من فوق أكسيد الأيدروجين بلص hydrogen peroxide plus (اختصارًا HPP)، أو بالـ chlorpropham (اختصارًا: CIPC) كضباب قبل وأثناء تخزينها لمدة ٦ شهور على ١٠ ± ١°م كما يلى (Afek وآخرون)

المعاملة	معدل التزريع (٪)
HPP ٤ مرات	صفر
CIPC ٤ مرات	صفر
الكنترول	٨٤
HPP مرة واحدة	٦١
CIPC مرة واحدة	٥٨
الكنترول	٨٧

١٠- مركب نونانول Nonanol:

يوجد مركب ٣-٥-٥ تراى ميثايل هكسان-١-أول 3-5-5trimethylhexan-1-ol (نونانول) في صورة سائلة؛ وهو يستعمل على صورة بخار بتركيز ٠,١ ملليجرام/لتر من الهواء الذى يدفع فى جو المخزن بمعدل ١٠م^3/طن من الدرنات/ساعة ويظل تأثير المعاملة ساريًا لمدة ٢-٣ أسابيع بعد انتهائها، وبداية تهوية المخازن؛ وعليه فإنه يمكن الاقتصاد فى استعماله بإجراء المعاملة لمدة أسبوعين، يعقبها أسبوعان بدون معاملة، وهكذا ويلزم ٣٥ كجم من المركب لكل ١٠٠ طن من الدرنات لكل أسبوعين من المعاملة (Burton ١٩٧٨)

١١- مركبات أخرى

من المركبات الأخرى التى استعملت بنجاح فى منع تزريع الدرنات فى المخازن ما يلى:

propargyl alchol
dipropargyl ether
2-ethyl butanol
salicylaldehyde
nonyl alchol
decyl alchol
2,5,5-trimethyl-1-1-hexanol
2-ethyl hexanol
1,4-dimethylnaphthalene (DMN)

وفى دراسة عوملت فيها درنات بطاطس من الصنف رصت بربانك قبل تخزينها بمثبطات التبرعم:

Isopropyl-N-(3-chlorophenyl) carbamate (CIPC)
1,4-dimethylnaphthalene (DMN)
salicyladehyde
cineole

وجد بعد ١٦ أسبوعًا من التخزين على ٧°م أن نسبة السكريات المختزلة تراوحت فى كل المعاملات بين ١٠,٥، و ١١,٨ مجم/جم وزن جاف، وهو ما يعد مقبولاً لصناعة الشبس (Yang وآخرون ١٩٩٩)

المعاملة بالمستخلصات النباتية الطبيعية والزيوت الأساسية

أحدثت المعاملة بالزيوت المستخلصة من كل من الخزامى (اللافندر lavender) *Lavandula angustifolia*، وحصى البان (الروزماري rosemary *Rosmarinus officinalis*، والمريمية أو القصعين (السيج Sage *Salvia fruticosa* . أحدثت جميعها تثبيطًا لإنبات براعم درنات البطاطس التي عوملت بها، كما أحدثت المعاملة بالأعشاب ذاتها تأثيراً مماثلاً للمعاملة بالزيوت المستخلصة منها وكان التأثير المثبط مؤقتًا؛ حيث أنبتت البراعم بصورة طبيعية بعد زوال تأثير المعاملة (Vokou وآخرون ١٩٩٣)

كذلك وجد أن مركب الكارفون carvone الذى يتوفر فى زيوت بذور الكراوية والشبت قادر على تثبيط إنبات براعم درنات البطاطس بنفس كفاءة المعاملة بالـ IPC. أو بالـ CIPC وقد امتد تأثير المعاملة لفترة طويلة دامت لمدة ٢٥٠ يومًا، انخفض بعدها تركيز المركب في الدرنات المعاملة إلى جزء واحد فى المليون، ولكن أمكن للبراعم أن تنبت بعد زوال أثر المعاملة التى يعتقد أنها ثبطت نشاط إنزيم hydroxymethylglutaryl-CoA reductase (Hartmans وآخرون ١٩٩٣)

ويستعمل الكارفون حاليًا فى أوروبا تحت الاسم التجارى تالنت Talent؛ لمعاملة البطاطس المعدة للاستهلاك الطازج، أو لأجل استعمالها كتقاو، بهدف منع تزريعها أثناء التخزين. كما تجرى محاولات لاستعمال المركب كمبيد فطرى لمكافحة كل من الجرب، وعفن فوما، والعفن الجاف.

وقد كانت المعاملة الكارفون بنفس فاعلية المعاملة بمخلوط الكلوربروفام chlorpropham مع البروفام propham فى تثبيط تزريع الدرنات. إلاّ إنه يتعين تكرار المعاملة به بمعدل ١,٠ مل لكل كيلوجرام من الدرنات كل ٤-٦ أسابيع أثناء التخزين، ليظل الـ S-carvone متواجدًا دائمًا حول الدرنات؛ علمًا بأنه يمكن استهلاك الدرنات بعد ١٥ يومًا من المعاملة (Reust ٢٠٠٠).

وتؤثر عديد من الزيوت الأساسية فى منع تبرعم درنات البطاطس، ومن بين أكثرها

تأثيرًا زيت الخُزامى (اللانفندر) lavender، وبدرجة أقل زيوت المريمية sage، وحصى البان rosemary (Afek & Kays ٢٠٠٤).

ويستخدم – كذلك – فى منع تزريع البطاطس معاملتها بالأحماض الأروماتية – والتى منها حامض الجاسمونك jasmonates – وقت الحصاد (Since Update-USDA – الإنترنت – ٢٠٠٧).

ويستخدم – حاليًا – الـ S-(+)-carvone (وهو monoterpene يستخلص من بذور الكراوية) تجاريًا لأجل تثبيط تزريع البطاطس فى المخازن، حتى أصبح منافسًا للـ CIPC الذى يستخدم لهذا الغرض منذ أمد بعيد.

وتُعد مستخلصات الـ spearmint والـ peppermint من البدائل التى يمكن استخدامها لمنع تزريع درنات البطاطس فى المخازن. أدت المعاملة بأى منهما مرتين إلى خفض التزريع لمدة ٣٠ يومًا. وقد كان مستخلص الـ peppermint أكثر كفاءة من مستخلص الـ spearmint. وقد أعطت المعاملة ثلاث مرات كفاءة عالية فى منع التزريع، ولكنها لم تدم سوى لمدة ٣٠ يومًا من المعاملة الأخيرة. هذا ولم يوجد أى تفاعل تداوبى بين المعاملة بمستخلص الـ spearmint والمعاملة بالـ CIPC عندما تم الجمع بينهما (Kleinkopf وآخرون ٢٠٠٧).

وقد أمكن فصل مركبين من زيت النعناع، هما: menthone، و neomenthol كان استعمال مخلوط منها أكثر فاعلية فى منع تزريع البطاطس عن مركب الـ carvone المستخلص من الكراوية والمستعمل فى هولندا لهذا الغرض. ولقد أدت المعاملة بأبخرة المستخلصات إلى حماية البطاطس من التزريع لمدة ٢–٣ شهور من التخزين (Top Crop Manager – الإنترنت – ٢٠٠٧).

ولقد تبين لدى مقارنة تأثير أبخرة كل من الـ menthone والـ neomenthol بأبخرة الـ S-(+)-carvone أنهما كانا أكثر فاعلية فى منع تزريع البطاطس بمقدار ١٠ مرات عن الكارفون، وذلك عندما تمت المعاملة بهما – معًا – بتركيز ٠,٥ ميكروليتر لكل لتر (٥ حجم فى المليون) من كل منهما (Coleman وآخرون ٢٠٠١).

المعاملة ببعض الأنواع البكتيرية

أظهرت الدراسات أن معاملة درنات البطاطس فى المخازن بأى من السلالات البكتيرية VS11·P·12 من *Pseudomonas fluorescens*، أو S11:T:07 أو S11·P:08 من *Enterobacter* sp. (وجميعها مثبطة للإصابة بالعفن الجاف الفيوزارى) ثبطت تزريع الدرنات حتى بعد ٤–٥ شهور من التخزين بدرجة كانت مماثلة للمعاملة بتركيز ١٦,٦ جزءًا فى المليون من الـ CIPC الذى يعد المركب الكيميائى المصنع الوحيد المسجل – حاليًا – للاستخدام بعد الحصاد لأجل منع تزريع درنات البطاطس (Slininger وآخرون ٢٠٠٣).

المعاملة بأشعة جاما

من المعروف أن معاملة درنات البطاطس بأشعة جاما يؤدى إلى منع تزريعها أثناء التخزين، ولكن يجب أن يجرى ذلك بعد الانتهاء من معالجتها وتكوين بيريدرم الجروح

فعلى الرغم من أن تعريض درنات البطاطس الحديثة الحصاد لأشعة جاما أدى إلى زيادة نشاط أول الإنزيمات فى سلسلة التفاعلات المؤدية إلى تمثيل اللجنين، وهو phenylalanine ammonia lyase بمقدار خمسة أضعاف عما كان عليه نشاطه فى درنات الكنترول التى لم تُعامل، فإن تمثيل اللجنين انخفض بمقدار ٤٠٪، وقد أُرجع ذلك إلى أن نشاط إنزيم آخر أساسى فى عملية تمثيل اللجنين، وهو cinnamyl alcohol dehydrogenese، الذى انخفض فى الدرنات التى عوملت بالإشعاع بنسبة ٣٠٪ (Ramamurthy وآخرون ٢٠٠٠).

مقارنات بين مختلف مثبطات التزريع، وعيوبها، والوضع الحالى لاستخداماتها

من الدراسات التى أجريت لأجل مقارنة فاعلية مختلف مانعات التبرعم، ما يلى:

- قورن تأثير المعاملة الكارفون carvone، والـ dimethylnaphthalene (اختصارًا

DMN)، والإثيلين بالمعاملة بالمركب القياسي التجارى CIPC (وهو isopropyl N-(3-chlorphenyl) carbamate) على تزريع البطاطس فى المخازن، ووجد بعد ٢٥ أسبوعًا من التخزين على ٩°م أن كل المعاملات كانت فعالة فى تقليل التبرعم إلا أنها تباينت فى أعداد النموات ووزنها الكلى حيث كان أشدها تأثيرًا معاملة الـ CIPC وتبعها – تنازليًا – معاملات الكارفون، فالإثيلين، فالـ DMN، فالكنترول بدون معاملة. وقد كانت معاملة الإثيلين هى أشد المعاملات وطأة فى التأثير السلبى على جودة الدرنات وصلاحيتها للتصنيع، حيث كانت الأكثر محتوى من كل من السكريات المختزلة والسكروز (Kalt وآخرون ١٩٩٩).

ο وجد كذلك أن 1,8-cineole كان بنفس فاعلية الـ CIPC فى منع تبرعم درنات البطاطس، ولكن الأوزون لم يكن له تأثير يذكر (Afek & Kays ٢٠٠٤).

ومن أهم عيوب مانعات تبرعم البطاطس المستخدمة تجاريًا ما يلى:

١– يؤدى كل من الـ isopropyl N-(3-chlorophenyl) carbamate (اختصارًا: CIPC)، والـ propham (يعطى الرمز IPC) إلى تثبيط عملية السوبرة وتكوين بيريدرم الجروح؛ بما يعنى ضرورة المعاملة بهما بعد المعالجة.

٢– يُعامل بالماليك هيدرازايد قبل الحصاد بنحو ٤–٦ أسابيع، وتؤدى المعاملة المبكرة عن ذلك إلى نقص المحصول، بينما لا تكون المعاملة المتأخرة عن ذلك مؤثرة فى منع التزريع.

٣– لا تكون المعاملة بالـ tencazene (يعطى الرمز TCNB) مؤثرة إذا كانت حالة السكون قد كُسِرَت بالفعل، أو كانت التهوية بحجرات التخزين زائدة، أو كان التخزين على أكثر من ١٠°م (Afek & Kays ٢٠٠٤).

هذا ومازال الـ CIPC مسموحًا باستخدامه فى منع تزريع درنات البطاطس، إلا أن المتبقيات المسموح بها منه فى الدرنات انخفضت – منذ عام ١٩٩٦ – من ٥٠ جزءًا فى المليون إلى ٣٠ جزءًا فى المليون فى الولايات المتحدة، مع احتمال حدوث تخفيضات مماثلة وقيود على استعماله فى دول أخرى

ومن بين بدائل الـ CIPC التي درست واستخدم بعضها تجاريًا كمثبطات لتزريع البطاطس، ما يلي:

- الزيوت الأساسية، مثل زيوت الكراوية، والنعناع (الـ peppermint، والـ spearmint)، والقرنفل.
- مكونات الزيوت الأساسية، مثل الـ s-carvone، والـ eugenol.
- فوق أكسيد الأيدروجين.

هذا إلا أن المعاملة المستمرة بتلك المركبات أثناء التخزين تعد ضرورية لاستمرار فاعليتها كمثبطات للتزريع.

- مركبات النفثالين، مثل: dimethyl naphthalene، و diisopropyl naphthalene (Kleinkopf وآخرون ٢٠٠٣).

الإصابات المرضية ومعاملات الحد منها بعد الحصاد

نظرًا لأن أمراض المخازن الشائعة تتواجد طبيعيًا في التربة، فإنها تنتقل إلى المخازن مع الدرنات ولذا فإنه من الضروري ليس فقط العمل على التئام الجروح لنحد من اختراق مسببات الأمراض للأنسجة الداخلية للدرنة، وإنما كذلك خفض درجة الحرارة بأسرع ما يمكن بعد الفرز للحد من انتشار الأمراض بالدرنات المصابة، ومنها إلى السليمة

ويستدل مما تقدم على أهمية الحرص في الحصاد والتداول للحد من الخدوش والجروح والقطوع والتسلخات وإذا ما ظهرت أعراض الإصابة بالندوة المتأخرة أو الأمراض الأخرى على الدرنات يكون من الضروري سرعة خفض درجة الحرارة حتى بدون معالجة، ولكن مع مراعاة سرعة التخلص من ذلك المحصول فلا يخزن لفترة طويلة

هذا . ويزداد نمو معظم مسببات الأمراض لوغاريتميًا مع ارتفاع الحرارة من ٤ إلى ٢٧°م وبذا . فإن الحرارة المنخفضة تقلل من فرصة الإصابات المرضية أثناء التخزين (Voss وآخرون ٢٠٠٧)

ومن أهم أمراض مخازن البطاطس، والتى تنتقل غالبيتها مع الدرنات ما يلى:

المرض	المسبب	الأعراض على الدرنات
العفن الورى pink rot	الفطر *Phytophthora erythoseptica*	تلون بنى يتحول إلى وردى مائى عديم الرائحة
رشح بثيم *Pythium* leek	الفطر *Pythium ultimum*	تصبح الدرنة اسفنجية وتتحلل تاركة الجلد سليمًا
العفن الجاف dry rot	الفطر *Fusarium sambucinum*	تصبح الدرنة سوداء داخليًا وتظهر عليها بقع غائرة
العفن الطرى البكتيرى bacterial soft rot	البكتيريا *Erwinia carotovora*	عفن طرى مهترئ يُصاحب بإفرازات رمادية إلى بنية ذو رائحة كريهة.

ويمكن عن طريق اختبار الـ polymerase chain reaction (اختصارًا: PCR) لعصير درنات البطاطس السليمة تمامًا مظهريًا التعرف على أى دنا DNA غريب عن دنا البطاطس، والذى يكون — غالبًا — للكائنات الدقيقة المسببة للأمراض، ولكنها لم تظهر فى صورة مرضية بعد. ومن خلال هذا الاختبار السريع يمكن عزل محصول الحقول التى تبدو ملوثة — لتسويقه طازجًا أو لتخزينه لفترة قصيرة — عن محصول الحقول السليمة تمامًا والتى يمكن تخزينها لفترة طويلة (freshino news — الإنترنت — ٢٠٠٧).

ومن الصعب جدًا مكافحة أمراض المخازن فى البطاطس إذا ما حدثت داخل المخازن لسببين، هما:

١- لا يوجد سوى قليل جدًا من المبيدات المسجلة للاستخدام على البطاطس أثناء التخزين.

٢- قد تساعد ظروف التخزين على سرعة انتشار بعض الأمراض.

ويعد تطهير المخازن قبل شغلها بالبطاطس أحد أهم الإجراءات التى يتعين اتخاذها لتجنب انتشار الأمراض فيها بعد ذلك، كما يعد الكلورين — فى تحضيراته المختلفة — أحد أهم بدائل المطهرات الشائعة الاستعمال.

المعاملة بغاز الكلورين

تبين أن تعريض درنات البطاطس لغاز الكلورين بتركيزات تراوحت بين ٢، و ٢٠١ ملليجرام/لتر فى الهواء الرطب يثبط نمو بعض المسببات المرضية، ولكن تلك المسببات تتباين كثيرًا فى استجابتها للغاز، من حيث التركيز المؤثر وفترة المعاملة المناسبة. فمثلاً .. كان الفطر *Helminthosporium solani* السطحى التطفل أكثر حساسية عن الفطر *Fusarium sambucinum*، والبكتيريا *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* اللذان يتطفلان عميقًا فى الدرنات. وقلل تعريض الدرنات للكلورين بتركيز ٢ مجم/لتر لمدة ٤٠ يومًا – بشدة – من الإصابة بالقشف الفضى silver scurf، بينما تطلبت مقاومة العفن الجاف والعفن الطرى البكتيرى التعريض للغاز بتركيز ٢٠١ ملليجرام/لتر لمدة ١٠ أيام، كما أمكن مقاومة القشف الفضى بالتعريض لتركيز ٢٠ مجم/لتر لمدة يومين (Tweddell وآخرون ٢٠٠٣)

المعاملة بثانى أكسيد الكلورين

يستعمل ثاني أكسيد الكلورين chlorine dioxide كمطهر فى محطات تعبئة وتخزين الخضر والفاكهة، حيث يقتل مختلف الكائنات الدقيقة المرضة والمسببة للأعفان حسب التركيز المعامل به وليس لهذا المطهر أى تأثير جهازى، إذا إنه يعمل كمطهر سطحى فقط فعال ضد البكتريا والفطريات والطحالب والفيروسات

يعمل المركب من خلال تفاعل أكسدة، مقابل تفاعل الكلورة الذى تعمل من خلاله مركبات الهيبوكلوريت وثاني أكسيد الكلورين عبارة عن غاز شديد القابلية للذوبان فى الماء، وهو يناسب الاستعمال فى مخازن البطاطس نظرًا لضعف سميته للأنسجة النباتية، ولأنه لا يدوم كثيرًا بعد المعاملة، كما أن استعماله آمن وليس له تأثيرات ضارة على البيئة

ومن بين الأمور الهامة التى يجب أخذها فى الحسبان عند المعاملة بثانى أكسيد الكلورين ما يلى:

١– ضرورة تحضير الغاز فى موقع الاستعمال نظرا لعدم ثباته الكيميائى عند نقله،

ويتم التحضير بعملية تعرف باسم "التنشيط" activation يتم فيها تنشيط محلول مخفف من كلوريت الصوديوم بحامض لإنتاج ثانى أكسيد الكلورين

٢- قد يترك تكوين مواد جانبية — مثل الـ chlorates والـ chlorites — مخلفات غير مرغوب فيها بالمنتجات الغذائية.

٣- يتوقف التركيز المنتظم لثانى أكسيد الكلورين على درجة الحرارة، والـ pH أثناء عملية التنشيط، وعلى نوع الحامض المستخدم

٤- قد يشكل انطلاق غاز ثانى أكسيد الكلورين أثناء التنشيط مشكلة أمان بالنسبة للقائمين بالعمل.

ومن بين التحضيرات التجارية المتاحة لمنتجات ثانى أكسيد الكلورين، ما يلى:

التحضير التجارى	الشركة المنتجة
Anthium AGP	International Dioxcide
Purogene	Bio-Cide International

وتجدر الإشارة إلى أن تلك المنتجات التجارية ليست هى ثانى أكسيد الكلورين ذاته، وإنما هى مجرد محاليل يحضر منها المركب المطلوب عند تنشيطها بأحد الأحماض مثل حامض الفوسفوريك أو الستريك، حيث يؤدى انخفاض الـ pH إلى إنتاج المركب الغازى.

على الرغم من فاعلية ثانى أكسيد الكلورين فى الحد من النمو المزرعى لعدد من مسببات أعفان البطاطس، وهى: *Erwinia carotovora* (العفن الطرى البكتيرى)، و *Fusarium* spp. (العفن الجاف)، و *Helminthosporium solani* (القشف الفضى)، فإنه لم يكن مجديًا فى مكافحة أى من *Fusarium* spp. أو *H. solani*، أو *Phytophthora infestans* (الندوة المتأخرة) بالدرنات، وقد أعزى ذلك إلى عدم التحكم الدقيق فى تركيز الغاز بالمخزن

وعلى الرغم مما تقدم بيانه، فإن ثانى أكسيد الكلورين يصرح به – حاليًا – لأجل مكافحة الندوة المتأخرة فقط، علمًا بأنه يقتل – كذلك – عددًا من مسببا أعفان البطاطس، مثل بكتيريا العفن الطرى البكتيرى *Erwinia carotovora*، وفطر العفن الجاف *Fusarium* spp.، وفطر القشف الفضى *Helminthosporium solani*، إذا ما أحكم استخدامه

وتكون المعاملة بثانى أكسيد الكلورين إما مرة واحدة بتركيز ٤٠ جزءًا فى المليون، وإما معاملة أولى بتركيز ٢٠٠ جزء فى المليون تتبعها إما معاملة مستمرة بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون، أو معاملات على فترات بتركيز ٢٠٠ جزء فى المليون.

ولمزيد من التفاصيل عن المركب وطريقة استعماله .. يراجع Olsen وآخرين (٢٠٠٨)

المعاملة بفوق أكسيد الأيدروجين

أدت معاملة مخازن البطاطس بفوق أكسيد الأيدروجين على صورة ضباب إلى انخفاض إصابة الدرنات بالعفن الطرى البكتيرى الذى تسببه البكتيريا *Erwinia carotovora* subsp. *catotovora* – بعد خمسة أشهر من التخزين – إلى ٤٪ مقارنة بإصابة بلغت ٢٦٪ فى معاملة الكنترول (Afek وآخرون ١٩٩٩)

وأفادت معاملة مخازن البطاطس بالـ hydrogen peroxide (اختصارًا HPP) ١٠٪ على صورة ضباب فى مكافحة الفطر *Helminthosporium solani* مسبب مرض القشف الفضى؛ فبعد ستة شهور من التخزين عوملت خلالها الدرنات خمس مرات كانت نسبة الإصابة بالمرض ٢٪ مقارنة بنسبة إصابة ٣٨٪ فى الكنترول. أما نسبة الإصابة بعد نفس الفترة مع إعطاء معاملة واحدة بالـ HPP ١٠٪ فقد بلغت ١٦٪. وقد أدت المعاملة بالمركب إلى مقاومة نمو الفطر على جلد درنات البطاطس التى كانت مصابة وقت حصادها (Afek وآخرون ٢٠٠١).

المعاملة بالمبيدات الفطرية

أمكن مكافحة أعفان الدرنات التى تنتج عن الإصابة بالفطر *Alternaria solani*

مسبب مرض الندوة المتأخرة بمعاملة الدرنات — بعد الحصاد — بأى من المركبات التالية

sodium hypochlorite	captan
triphenyl tin hydroxide	chlorine dioxide
iprodione	captafol

كانت المعاملة بمعدل ٤ ٥ أو ٨,٣ لتر من مخلوط من تلك المركبات فعّالة كذلك، إلا أن المعدل الأعلى بدا أكثر فاعلية وقد كانت جدوى المعاملة أعلى ما يمكن عندما كانت شدة الإصابة فى الدرنات المخزنة (معبراً عنها بعدد البقع/درنة) منخفضة أو متوسطة، ولكنها كانت أقل كفاءة عندما كانت شدة الإصابة عالية ابتداء (Harrison & Franc ١٩٨٨)

المعاملة بمحفزات المقاومة الطبيعية

أدت المعاملة المبكرة لنباتات البطاطس بأى من المركبين DL-3-aminobutyric acid (اختصاراً. BABA)، أو fosetyl-aluminium إلى إكسابها مقاومة جهازية ضد الإصابة بالندوة المتأخرة استمرت فى الدرنات بعد الحصاد، وكان ذلك مصاحبًا بزيادة فى نشاط الإنزيمين β-1,3-glucanase، و aspartic protease بالدرنات. وكذلك فى محتواها من الفينول والفيتوألاكسين (Andreu وآخرون ٢٠٠٦).

وأمكن — كذلك — الحد من مساحة البقع المرضية للفطر *Fusarium sulphureum* فى درنات البطاطس أثناء التخزين بمعاملتها بالشيتوسان بتركيز ٠,٢٥٪. وقد أدت هذه المعاملة — كذلك — إلى زيادة نشاط الإنزيمين peroxidase، و polyphenoloxidase وفى زيادة محتوى الأنسجة من المركبات الفلافونية واللجنين (Sun وآخرون ٢٠٠٨)

المعاملة البيولوجية

أمكن الحد من إصابة درنات البطاطس — أثناء التخزين — بالعفن الجاف الفيوزارى الذى يسببه الفطرين *Fusarium sambucinum*، و *F solani* var. *coeruleum* بالمعاملة

بالسلالة NRRL Y-2536 من الخميرة *Cryptococcus laurentii*، إلا أن المعاملة بالسلالة NRRL B-15132 من البكتيريا *Pseudomonas fluorescens* كانت أكثر فاعلية (Schisler وآخرون ١٩٩٥).

التخزين

تخزن البطاطس بطريقتين رئيسيتين، هما التخزين في النوالات وفي الثلاجات ويجب ألا تخزن سوى الدرنات المكتملة النضج والفروزة جيدًا.

التخزين فى النوالات

النوالة عبارة عن بناء مظلل يسمح بمرور الهواء بحرية من جوانبه، ومن السقف أيضًا، دون أن تتعرض الدرنات لضوء الشمس المباشر. تبنى الجدران من الطوب اللبن المرصوص بالتبادل بطريقة تسمح بنفاذ الهواء جيدًا، وتحمل الأسقف على أعمدة خشبية، وتغطى بالحصير والحطب أو القش بسمك لا يقل عن ٢٥ سم وتوجد معظم النوالات فى المحافظات الشمالية لدلتا النيل، حيث تنخفض درجة الحرارة نسبيًا.

تُطهَّر النوالات أولاً قبل استعمالها فى تخزين البطاطس بالسيفين ١٠٪، أو بمبيد آخر مناسب لمقاومة فراش درنات البطاطس والفئران.

وعند التخزين تكون الدرنات فى النوالة في "مراود" يبلغ عرضها من أسفل ٢م، وارتفاعها ١,٥م، وبطول النوالة، ويجب أن يتم التكويم بطريقة تسمح بدخول الهواء بحرية من الجهة التى تهب منها الرياح، وبعد ذلك تغطى الأكوام بقش الأرز بارتفاع ٣٠–٥٠ سم، وترش طبقات القش بمبيد مناسب؛ مثل السيفين ١٠٪، أو الأكتلك ٢٪، أو الثوسيون ٣٪.

تبقى الدرنات مخزنة فى النوالات من وقت حصاد المحصول الصيفى فى مايو ويونيو إلى وقت زراعة العروة الخريفية في أغسطس وسبتمبر. ويراعى الكشف على الدرنات

المخزنة شهريًا، للتأكد من خلوها من الإصابات المرضية والحشرية، مع فرزها وحرق الدرنات المصابة إن وجدت

وتختلف أصناف البطاطس كثيرًا في مدى صلاحيتها للتخزين فى النوالات، فنجد — مثلاً — أن الأصناف بركة، وديزرية، وباترونس، ودراجا، وألفا ... تخزن بصورة جيدة فى النوالات، بينما لا تتحمل أصناف مثل نيكولا، واسبونتا، وإسنا ظروف النوالات.

وتجدر الإشارة إلى أن الفقد فى الدرنات الذى يحدث أثناء التخزين فى النوالات قد يزيد على ٢٠٪ مقابل نسبة فقد لا تزيد على ٣٪ عند التخزين فى الثلاجات.

ويمكن تقليل الفاقد فى الدرنات المخزنة فى النوالات بمراعاة ما يلى:

١- جعل فتحات التهوية سفلية (من تحت الدرنات مع فرش الدرنات على شباك سلكية دقيقة) وعلوية (من السقف) فقط؛ وبذلك يخرج الهواء الدافئ من أعلى، ويحل محله هواء بارد من أسفل يمر جبريًّا من بين الدرنات.

٢- طلاء النوالة من الخارج باللون الأبيض لعكس الضوء

٣- وضع مصائد جنسية (فرمونات) وضوئية داخل النوالات (عن وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ١٩٩٤)

التخزين فى الثلاجات

قواعد عامة

يجب قبل تخزين البطاطس ملاحظة الأمور التالية:

١- إذا تعرض حقل البطاطس إلى أى شدٍّ حرارى (بالارتفاع أو الانخفاض)، أو غذائى (بالزيادة أو النقصان)، أو جفافى، أو فيزيائى، أو أى ظروف أخرى غير مناسبة، فإن درناته لا تستجيب لظروف التخزين بنفس استجابة الدرنات التى لم تعانى من ظروف شد بيئى أثناء إنتاجها

٢- إن الدرنات التى تتعرض للخدش والأضرار أثناء حصادها وتداولها لحين وصولها إلى المخزن قد تحتاج إلى معاملات خاصة لأجل نجاح تخزينها

٣- يمكن في مخازن البطاطس الحديثة تخزين الدرنات التي توجد بها أعفان حتى ٥٪ إذا ما اتخذت الإجراءات الكفيلة بالتخلص من الرطوبة الزائدة

٤- إذا ما ازدادت حالة التحلل الشبكي net necrosis في الدرنات عند الحصاد، فإن ذلك المحصول يجب أن يسوق دون تخزين، أو في خلال الستين يومًا الأولى من التخزين.

٥- يجب كذلك العمل على التسويق الفوري دون تخزين للبطاطس التي تظهر بها أعراض شديدة لمشاكل الشدّ البيئي، مثل النهايات السكرية، والنهايات الجلي jelly ends، والمحتوى العالي من السكريات

ونظرًا لأنه يفضل حصاد البطاطس عندما تكون حرارة الدرنات حوالي ١٥°م، فإن حرارة المخزن يجب ضبطها بحيث تقل عن حرارة الدرنات بنحو ثلاث درجات مئوية ويفيد التيار المستمر من الهواء بمعدل منخفض في تجانس حرارة كومة الدرنات. وتجب المحافظة على الرطوبة النسبية عند ٩٠٪–٩٥٪ وبمجرد امتلاء المخزن تجب المحافظة على حرارة الدرنات عند ١٠–١٣°م لمدة أسبوعين لمعالجتها، ويتضمن ذلك الوقت الذي يمر لحين خفض حرارة الدرنات إلى ١٠–١٣°م وبمجرد انتهاء المعاجلة يتم تبريد كومة الدرنات إلى الحرارة التي سوف تخزن عليها، الأمر الذي يتوقف على الاستعمال المستهدف لها تبرد حرارة الكومة إلى الدرجة المطلوبة بمعدل نصف درجة مئوية أسبوعيًا هذا . إلا أن البطاطس المعدة للبيع الطازج يمكن تبريدها سريعًا للحد من إصابتها بالقشف الفضي، ولكن يُعاب على التبريد السريع إمكان تعرض الدرنات التي في قاع الكومة للفقد الرطوبي الزائد والانضغاط بسبب الضغط الشديد الواقع عليها كذلك فإن التبريد السريع لن يسمح بالتهوية في حالة الارتفاع المفاجئ لحرارة الهواء الخارجي، الأمر الذي يعرض الدرنات لنقص الأكسجين

ويتم التعرف على التغير في حرارة الدرنات إما بقياس حرارة تلك التي توجد في قمة الكومة أو بقياس حرارة الهواء الخارج، والذي يجب ألا ترتفع حرارته بأكثر من درجة واحدة مئوية عن حرارة الهواء الداخل كذلك يجب ألاّ تختلف حرارة كومة

الدرنات عند القاع عن حرارتها عند القمة بأكثر من درجة مئوية واحدة، ويتم التحكم فى ذلك بتشغيل المراوح فى دورات أقصر (٢-٤ ساعات مع توقف لا يقل عن ساعتين)، علمًا بأن الدورات الطويلة تزيد من الفرق الحرارى بين قاع الكومة وقمتها؛ الأمر الذى تلزم معه زيادة ساعات تشغيل المراوح لأجل تبريد الكومة.

إن لدرجة الحرارة — ابتداء من الحصاد وحتى التخزين — علاقة كبيرة بجودة البطاطس وبمدى تعرضها للإصابة بالأضرار والأعفان.

ومن بين الأسس التى يتعين الالتزام بها للحد من أخطار الانحرافات الشديدة فى درجة الحرارة، ما يلى:

١- إذا كانت الحرارة شديدة الارتفاع والتربة جافة عند الحصاد يراعى ما يلى

أ- تشغيل المراوح ومرطب الهواء humidifier بصورة مستمرة أثناء ملأ المخزن وخلال أول يوم أو يومين.

ب- ضبط حرارة الهواء المدفوع فى كومة الدرنات بحيث تنخفض عن حرارة الدرنات بما لا يقل عن ثلاثة درجات مئوية، ويمكن الاستفادة من الهواء البارد ليلاً، مع تقليل التهوية نهارًا إن كان الجو حارًا ولكن يتعين مراقبة حرارة الدرنات، لأن التبريد التدريجى للدرنات أفضل من التبريد السريع

جـ- بمجرد وصول حرارة الدرنات إلى ١٠°م يتعين البدء فى توفير الظروف المناسبة لترسيب السيوبرين.

٢- إذا كانت الحرارة شديدة الارتفاع والتربة زائدة الرطوبة عند الحصاد .. يراعى ما يلى:

أ- تشغيل المراوح بصورة مستمرة مع عدم تشغيل مرطب الهواء إلى أن يتم التخلص من الرطوبة السطحية للدرنات

ب- قد يكون من المفيد ترك الدرنات بعد تقليعها فى خطوط سطحية معرضة للهواء windrows لفترة — لتفقد رطوبتها السطحية — قبل نقلها.

جـ- ضبط حرارة الهواء المدفوع فى كومة الدرنات بحيث تكون أقل من حرارة الدرنات بنحو ثلاث درجات مئوية

د- ما أن تصل حرارة الدرنات إلى ١٠°م يتعين البدء فى توفير الظروف المناسبة لترسيب السيوبرين

٣- إذا كان الجو معتدل البرودة (١٠-١٥°م) والتربة جافة عند الحصاد يراعى ما يلى

أ- فى ظل هذه الظروف تكون حرارة الدرنات مناسبة بالفعل لإجراء عملية المعاجلة؛ ولذا يلزم تشغيل المراوح على فترات متقطعة لأجل توفير التجانس فى حرارة الدرنات بالكومة، والأكسجين اللازم لعملية المعالجة.

ب- محاولة ضبط حرارة الهواء المدفوع فى الكومة ليكون بنفس حرارة الدرنات

جـ- إذا ارتفعت حرارة الهواء الخارجى نهارًا بشدة يمكن إما تقليل دفع ذلك الهواء أو وقفه مع تحريك هواء المخزن الداخلى لتوفير التجانس فى حرارة الكومة.

د- تحتاج البطاطس التى تصل المخزن وهى بتلك الحالة إلى ٢-٣ أسابيع لاستكمال التئام الجروح على ١٠-١٣°م مع ٩٥٪ رطوبة نسبية

٤- إذا كان الجو باردًا (٤,٥-١٠°م) والتربة جافة عند الحصاد يراعى ما يلى

أ- تكون الدرنات فى هذه الظروف شديدة الحساسية للإصابة بالخدوش، لذا يتعين تداولها بحرص شديد.

ب- لا تكون هناك حاجة إلى حرارة حقل للتخلص منها، ولكن تكون هناك ضرورة لرفع حرارة الدرنات إلى ١٠-١٣°م، ويمكن أن يتم ذلك بتشغيل المراوح بصورة متقطعة فقط، مع الاعتماد على الحرارة الناتجة عن التنفس، ويستغرق ذلك فترة قصيرة عادة

جـ- يلزم تشغيل مرطب الهواء مع توقيت تشغيله مع المراوح

د- تلاحظ أى تغيرات فى حرارة الهواء الخارجى أثناء امتلاء المخزن، والتحكم فى إدارة المراوح تبعًا لذلك

٥- إذا كان الجو باردًا (٤,٥-١٠°م) والتربة رطبة عند الحصاد يراعى ما يلى

أ- يفيد ترك الدرنات بعد تقليعها فى خطوط سطحية معرضة للهواء لفترة لتفقد رطوبتها السطحية قبل نقلها.

ب- تشغيل المراوح بصورة مستمرة بعد وصول الدرنات إلى المخزن مع عدم تشغيل مرطب الهواء، وذلك لحين التخلص من الرطوبة السطحية.

جـ- قد يكون من الضرورى توفير مصدر حرارة لتدفئة الدرنات إلى ١٠-١٥°م بصورة تدريجية

د- بعد اكتمال التجفيف السطحى توفر التهوية المتقطعة الأكسجين اللازم، كما تسمح ببعض التدفئة من الحرارة الناتجة عن التنفس.

هـ- بمجرد وصول حرارة الدرنات إلى ١٠-١٣°م يتعين البدء فى المعالجة التى تستغرق ٢-٣ أسابيع على ٩٥٪ رطوبة نسبية (Shetty ٢٠٠٧)

ويمكن تقسيم فترة تخزين البطاطس إلى ثلاث فترات أو مراحل، كما يلى:

١- فترة المعالجة curing period:

وهى فترة السوبرة واكتمال والتئام الجروح، وكذلك اكتمال تكوين و "نضج" الدرنات التى لم يكن قد اكتمل تكوينها عند الحصاد، حيث تثبت وتسمك فيها طبقة البيريدرم خلال فترة الأقلمة وأفضل حرارة للأقلمة هى ١٠-١٥,٥°م حسب الاستعمال النهائى المستهدف للدرنات، والصنف، والرطوبة النسبية، والظروف السابقة لنمو المحصول وتجرى الأقلمة على ١٠°م عندما يكون الاستعمال المستهدف للدرنات هو تصنيع البطاطس المحمرة المجمدة، أو المنتجات المجففة، أو البيع فى أسواق المنتجات الطازجة أما عندما يكون الاستعمال المستهدف هو تصنيع الشبس فإنه يلزم إجراء المعالجة فى الحرارة الأعلى لانخفاض الحد الأقصى المسموح به من السكريات عند تصنيع الشبس، ولأن الأصناف تختلف فى محتواها من السكريات وفى مدى تراكمها فيها فى الحرارة المنخفضة وتتراوح مدة المعالجة — عادة — بين أسبوع واحد وأسبوعين، يتعين أن تزيد الرطوبة النسبية خلالها عن ٩٥٪ لأجل تحفيز عملية

السوبرة، مع الحد من الفقد الرطوبى من الدرنات خلال مدة الأقلمة. وتزداد مدة الأقلمة عن أسبوعين بالنسبة للدرنات الصغيرة غير المكتملة التكوين

إن المعالجه الجيدة ضرورية لتأمين التخزين دون حدوث تدهور فى الجودة فعندما يكون الجود دافئًا أو حارًا وقت الحصاد يتعين التخلص من قدر كبير من حرارة الحقل والحرارة التى تنبعث من التنفس، مما يتعين الدفع الجبرى للهواء البارد ليلاً ويعد التخلص من الحرارة ضروريًا – كذلك – للحد من الإصابة بالأعفان ولعدم التعجيل بالشيخوخة الفسيولوجية للدرنات، وهى التى تزيد من إنتاج السكريات المختزلة والتزريع المبكر.

٢– فترة التخزين:

تخزن الدرنات – بعد انتهاء فترة المعالجة – على ٤,٤ إلى ١٠°م تبعًا للاستعمال المستهدف فالبطاطس المعدة لصناعة الشبس تخزن – بصورة عامة – على ١٠°م كحد أدنى، بينما تخزن تلك التى تستخدم فى صناعة البطاطس المحمرة على ٧.٣°م، وتلك التى تباع طازجة أو تخزن لأجل استعمالها كتقاوٍ على ٤,٤°م ولا يجوز تخزين البطاطس المعدة للتصنيع فى الحرارة المنخفضة التى تساعد على تركم السكر فى الدرنات ويتدهور فيها القوام ويفضل – دائمًا – أن تبقى حرارة التخزين ثابتة، وألا تتقلب بين الارتفاع والانخفاض. وتعد الرطوبة النسبة العالية ضرورية للحد من الفقد فى الوزن ولمنع حدوث الخدوش التى تحدثها الضغوط.

٣– فترة التدفئة warming period:

إذا كانت الدرنات قد خزنت فى حرارة تقل عن ١٠°م فإنه يتعين تدفئتها إلى تلك الدرجة قبل إخراجها من المخزن لأجل الحد من تعرضها للخدوش والأضرار كذلك يساعد وضع الدرنات فى الحرارة العالية لمدة ثلاثة أسابيع أو أكثر من ذلك فى خفض محتواها من السكر

وباختصار فإنه تجرى أولاً عملية العلاج التجفيفى التى تستمر لمدة أسبوع فى

حرارة ١٠-١٥°م، ورطوبة نسبية تتراوح بين ٨٥٪-٩٥٪ وبعد ذلك تخفض الرطوبة النسبية إلى ٨٥٪-٩٠٪، وتخفض درجة الحرارة تدريجيًا على مدى بضعة أسابيع إلى الحرارة المناسبة للتخزين؛ وهى ٣°م-٤°م، إلا أن الدرجة المثلى للتخزين تتوقف على المدة المطلوبة للتخزين، وعلى نوعية الاستعمال للمحصول المخزن

وعمومًا . فهذه الظروف (أى حرارة ٣°م-٤°م، ورطوبة نسبية ٨٥٪-٩٠٪) تناسب تخزين درنات البطاطس لمدة ستة أشهر أو أكثر بحالة جيدة، وبدون تزريع ولا ينصح بزيادة درجة الحرارة عن ٤°م، حتى لو كانت الدرنات فى حالة سكون؛ لأن الحرارة المرتفعة تزيد من فرصة فقد الرطوبة وانكماش الدرنات، بالإضافة إلى أنها تسرع من كسر حالة السكون وتزريع الدرنات؛ مما يؤدى إلى زيادة معدل انكماشها؛ لأن التزريع يصاحبه انتقال المواد الكربوهيدراتية من الدرنات إلى النموات الجديدة، وزيادة التنفس، مع فقد الرطوبة من هذه النموات بالنتح، كما أن ارتفاع درجة الحرارة لفترات طويلة يؤدى إلى إصابة الدرنات بالقلب الأسود

ومن جانب آخر يجب الحذر من انخفاض الحرارة لفترات طويلة عن ٣°، حتى لا تتعرض الدرنات لأضرار البرودة أو أضرار التجمد وتحدث أضرار البرودة عندما تتعرض الدرنات لحرارة ١٧ °م لمدة طويلة، وتتجمد الدرنات فى حرارة -١,٧°م.

وتعتبر الرطوبة النسبية التى ينصح بها -- وهى ٨٥٪-٩٠٪ - قيمة وسطًا بين الهواء المشبع، أو القريب من التشبع بالرطوبة، وبين القيم الأقل التى تزيد فيها سرعة فقد الماء من الدرنات ويؤدى اقتراب الهواء من التشبع بالرطوبة إلى احتمال تكثف بخار الماء على الدرنات الباردة عند حدوث أى انخفاض فى درجة حرارة المخزن. فمثلاً إذا كانت حرارة المخزن ١٥,٥°م (٦٠°ف)، ورطوبته النسبية ٥٠٪، فإن هواء المخزن يحتوى على ٠٢٥ ، رطلاً من بخار الماء/٦٠ قدمًا مكعبًا من الهواء، ويحتاج هذا الهواء إلى ٠,٠٥ رطلاً أخرى/٦٠ قدمًا مكعبة، حتى يصل إلى درجة التشبع الرطوبى فى هذه الدرجة، أما إذا انخفضت حرارته إلى ٤,٤°م (٤٠°ف)، فإنه يتخلص من نصف محتواه من الرطوبة بالتكثف على الدرنات الباردة

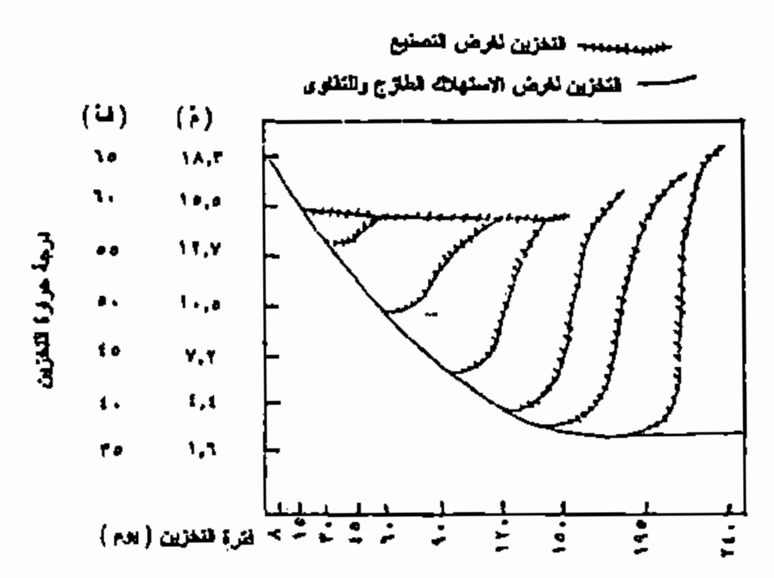
تنظيم درجة حرارة المخزن حسب مدة التخزين والهدف منه

من الضرورى تنظيم درجة حرارة المخزن حسب مدة التخزين ونوعية الاستعمال المتوقعة للمحصول المخزن؛ فحرارة ١٣-١٥°م تناسب تخزين الدرنات لمدة ١٥ يومًا بعد الحصاد مباشرة، حيث تجرى خلالها عملية العلاج التجفيفى ويمكن تخزين الدرنات على هذه الدرجة لمدة ثلاثة أشهر قبل أن تبدأ فى التزريع، كذلك يمكن إطالة فترة التخزين على هذه الدرجة إلى ستة أشهر إذا عوملت الدرنات بمثبطات التبرعم

ويقلل التخزين فى درجات الحرارة المنخفضة عن ذلك من صلاحية الدرنات لصناعة الشبس، إلا أن فترة التخزين تكون أطول، لذا يوصي دائمًا بخفض درجة حرارة المخزن لمعظم فترة التخرين، ثم رفعها تدريجيًا، بحيث تتعرض لحرارة ١٣-١٥°م لمدة ٤-٦ أسابيع قبل إخراج الدرنات من المخازن للاستعمال، كما يمكن رفع درجة الحرارة إلى ٢١°م لفترة قصيرة قبل استعمال الدرنات وبرغم أن هذا الارتفاع التدريجى فى درجة الحرارة يحدث تلقائيًا أثناء التدريج والشحن والتسويق، إلا أنه يفضل رفع درجة حرارة المخازن قبل تداول الدرنات لتقليل فرصة تجريحها قدر المستطاع؛ لأن الدرنات الباردة تكون أكثر عرضة للتجريح والخدش وتجدر الإشارة إلى أن رفع درجة حرارة الدرنات المخزنة قبل استعمالها يحسن أيضًا من صلاحية الدرنات للطهى أو للاستعمال كتقاوٍ ويوضح شكل (١-٤) درجات الحرارة المناسبة لتخزين درنات البطاطس للأغراض المختلفة لفترات مختلفة

وتعتمد درجة الحرارة المناسبة للتخزين على الاستعمال المستهدف للدرنات المخزنة إن معدل تنفس البطاطس يكون أقل ما يمكن على ٢-٣°م، بينما تزداد احتمالات التعرض لأضرار البرودة والتجمد على حرارة صفر-٢°م ويحدث التزريع على حرارة تزيد عن ٥°م، ولذا . تخزن درنات التقاوى على حرارة ٤-٥°م. أما درنات الاستهلاك الطازج فإنها تخزن على ٧-١٠°م للحد من تحول السكريات غير المختزلة مثل النشا إلى سكريات مختزلة مثل الجلوكوز الذى يكسب الدرنات لونًا داكنًا عند الطبخ. وتخزن الدرنات المعدة للقلى على حرارة ١٠-١٥°م تبعًا للصنف ومدى التحولات السكرية فيه

أما الأصناف المعدة لصناعة الشبس فإن درناتها تخزن على حرارة ١٥–٢٠°م لأنها غالبًا ما يتراكم بها السكر فى حرارة تقل عن ١٥°م



شكل (١–٤): درجات الحرارة المناسبة لتخزين درنات البطاطس للأغراض المختلفة لفترات مختلفة.

ويمكن المحافظة على جودة درنات البطاطس المخزنة لمدة تتراوح بين شهرين وسنة تبعًا لجودتها عند الحصاد، ومدى جودة المخازن، والصنف المخزن، وما إذا كانت الدرنات قد عوملت بمثبطات التبرعم، أم لم تُعامل.

وتعد أنسب الظروف لتخزين البطاطس الجديدة، كما يلي:

الاستعمال المستهدف	الحرارة (°م)	الرطوبة النسبية (٪)
المائدة	٧	٩٨
التحمير	١٠–١٥	٩٥
الشبس	١٥–٢٠	٩٥

وفى الظروف المثلى يمكن أن تحتفظ البطاطس الجديدة بجودتها لمدة ٣-٥ أسابيع ويؤدى التخزين على حرارة تقل عن ١٠-١٣°م لمدة ثلاثة أيام فقط إلى تراكم السكريات بالدرنات، مما يؤدى إلى شدة تلونها باللون البنى عند قليها أو تحضير الشبس منها ولا يوصى بزيادة فترة تخزينها عن ثلاثة أسابيع، لأجل المحافظة على صفات الجودة المنظورة وصفاتها الأكلية

وهذا وتبدأ الدرنات فى التجمد على -٠,٨°م، ومن أهم أعراض أضرار التجمد المظهر المائى الزجاجى وانهيار الأنسجة بعد تفككها وقد يترتب على التجمد البسيط ظهور أضرار البرودة (Suslow & Voss ٢٠٠٦)

تخزين التقاوى

يوصى بأن يكون تخزين الدرنات المعدة لاستعمالها كتقاو فى وجود ضوء غير مباشر، حيث يفيد ذلك – مقارنة بالتخزين فى الظلام – فى زيادة أعداد البراعم النابتة وقصرها، مع خفض الفقد فى وزن الدرنات المخزنة. وتقليل عدد الأيام اللازمة لاستكمال إنباتها بعد الزراعة، وزيادة المحصول الناتج منها بنسبة حوالى ١٨٪ (جدول ١-١) (Salunkhe & Desai ١٩٨٤)

وإلى جانب أهمية تعريض الدرنات المعدة لاستخدامها كتقاو للضوء، فإنها يجب أن تخزن فى حرارة ١٢°م – أو أعلى من ذلك – لمدة شهرين قبل الزراعة، لأن ذلك يبكر إنباتها عند الزراعة (Marinus ١٩٩٢). ويستدل من دراسات Jenkins وآخرين (١٩٩٣) على أن تعريض التقاوى للحرارة العالية قبل زراعتها كان له تأثير إيجابى على إنبات البراعم ونموها، والنمو الخضرى، والمحصول المبكر الناتج منها، وذلك بصورة أفضل مما لو كان تعريضها للحرارة المرتفعة قبل ذلك خلال فترة تخزينها

جدول (١-١) تأثير الضوء غير المباشر diffused light أثناء تخزين تقاوى البطاطس على نوعيتها، والمحصول الذى ينتج من زراعتها

المحصول	التخزين فى الضوء غير المباشر	التخزين فى الظلام
الحالة بعد ٦ شهور من التخزين		
طول النموات sprouts (سم)	١,٨	٢١,٧
عدد النموات/درنة	٣,٤	١,٤
الفقد الكلى أثناء التخزين (٪)	٩,٩	٢٠,٣
الوضع بعد الزراعة		
عدد الأيام إلى الإنبات الكامل	٣٠,٦	٣٨,١
المحصول الكلى (طن/هكتار)	٢٨,٨	٢٤,٦

وإذا ما زرعت التقاوى عقب خروجها مباشرة من حالة السكون، فإن تخزينها فى حرارة ٢٨°م يكون أفضل لنموها بعد الزراعة من تخزينها فى حرارة أقل من ذلك (Ittersum ١٩٩٣).

إعادة التهيئة

يؤدى التخزين المستمر فى الحرارة المنخفضة إلى تراكم السكريات المختزلة فى الدرنات؛ نتيجة لتحول النشا إلى سكر. مع انخفاض معدل التنفس فى هذه الظروف. ويكون هذا التراكم سريعًا فى حرارة صفر-٢,٥°م، وبدرجة أقل فى حرارة ٢,٥-٣,٥°م، ولكن يختفى هذا التراكم — عادة — فى حرارة ٣,٨-٤,٤°م (عن Rastovski & Van Es ١٩٨١) ويقلل تراكم السكر من جودة الدرنات للاستعمال فى صناعة الشبس، أو البطاطس المقلية؛ لأن السكر المتراكم يتفاعل مع المركبات النيتروجينية عند القلى، وينتج عن هذا التفاعل لون بنى غير مرغوب فيه أما فى درجات الحرارة الأعلى من ذلك (١٥°م مثلاً)، فإن النشا يتحول إلى سكر أيضًا، لكن السكر المتكون يستهلك أولاً بأول فى التنفس. وتعرف عملية رفع حرارة الدرنات المخزنة إلى ١٥-٢٠°م قبل استعمالها فى صناعة الشبس باسم إعادة التهيئة reconditioning، وهى تُتبع مع معظم الأصناف (Smith ١٩٦٨)

وقد وجد أن السكريات المختزلة التى تتراكم فى الدرنات خلال ٢٤ أسبوعًا من التخزين على ٥°م أو ٦°م يمكن أن تنخفض إلى درجة مقبولة للتصنيع، وذلك بوضع الدرنات على حرارة ١٨°م لمدة أسبوعين – على الأقل – قبل تصنيعها، ولكن زيادة تلك الفترة إلى أربعة أسابيع تؤدى إلى زيادة الفقد من جراء التزريع (Gichohi & Pritchard ١٩٩٥).

كما وجد أن إعادة التهيئة Reconditioning بعد التخزين فى الحرارة المنخفضة تؤدى إلى زيادة معدل تنفس الدرنات بنحو ٢٠٠٪، ويتوافق ذلك مع الانخفاض فى محتوى الدرنات من السكريات المختزلة (Williams & Cobb ١٩٩٢).

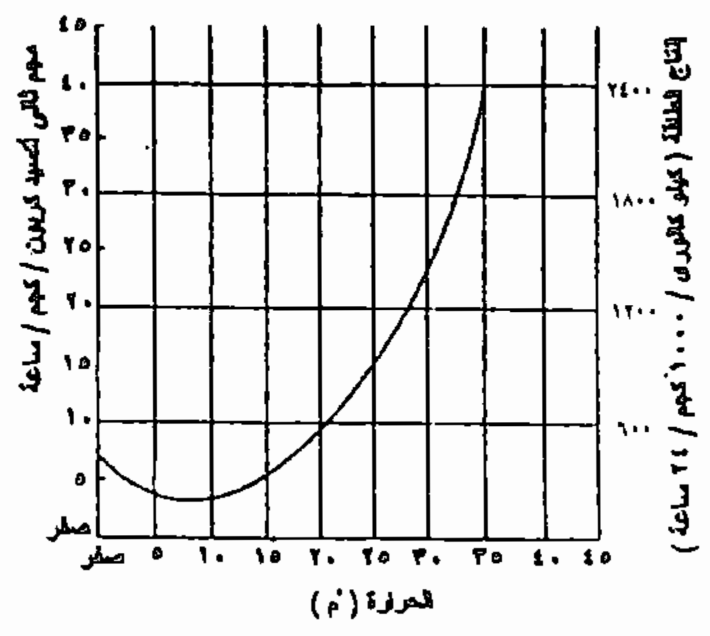
وحتى إن لم تجر عملية التهوية قبل إخراج البطاطس من المخزن فإنه يتعين رفع حرارتها إلى ١٠–١٣°م، لأن البطاطس الباردة تكون أكثر عرضة للإصابة بالجروح والخدوش أثناء تداولها ويمكن رفع الحرارة بمجرد وقف التهوية، حيث يسمح ذلك للحرارة الناتجة من التنفس بالتجمع، ولكن قد يتطلب الأمر دفع هواء خارجى دافئ أو التدفئة إذا لزم الأمر (Voss وآخرون ٢٠٠٧).

كفاءة التبريد

تتوقف احتياجات التبريد على عوامل عدة، من أهمها حرارة الهواء الخارجى. ومعدل تنفس الدرنات الذى يزداد – بشدة – مع ارتفاع درجة الحرارة (شكل ١–٥) ويكون معدل تنفس الدرنات الكاملة النمو غير المجروحة أو المخدوشة فى حرارة ٣٥°م أربعة أمثال معدل تنفسها فى حرارة ٢٠°م. ويزداد معدل التنفس عن الحدود المبينة فى الشكل إذا كانت الدرنات غير مكتملة التكوين، أو إذا كانت قد أصيبت بأضرار ميكانيكية أثناء حصادها أو تداولها

ويفترض فى الأجواء الحارة أن تتراوح كفاءة تبريد مخازن البطاطس بين ٤٠٠ كيلو جول kJ و ٥٠٠ كيلو جول لكل طن من الدرنات فى الساعة. وأن تتراوح قدرة المراوح بين ٠.٢٥ مترًا مكعبًا و ٠.٣٠ مترًا مكعبًا لكل كيلو جول من كفاءة التبريد المطلوبة كما

يجب عزل السقف والجدران بالقدر الكافي للحد من التوصيل الحراري؛ فلا يجب أن يزيد معامل توصيلها الحراري على ٠٫٢ واط W/م^{2}/كل درجة مئوية واحدة من الفرق بين أعلى درجة حرارة يصل إليها الهواء الخارجي ودرجة حرارة التخزين المرغوب فيها ويعني ذلك أن التدفق الحراري Q يجب ألا يزيد على ٦–٨ واط/م^{2} من الأسقف أو الجدران



شكل (١–٥) تنفس درنات البطاطس الكاملة غير المجروحة، وإنتاجها من الطاقة الحرارية بالتنفس في درجات الحرارة المختلفة.

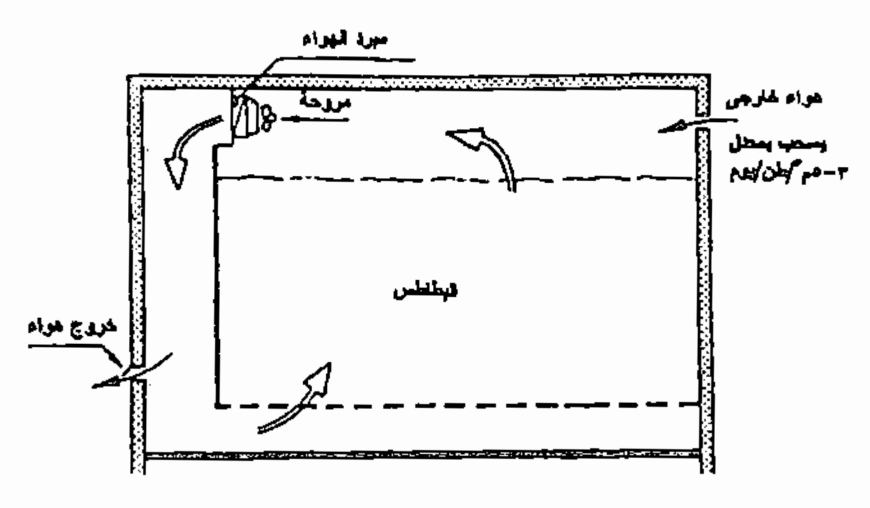
نظام التبريد والتهوية

يجب أن يتم التبريد بنظام الدفع الجبري للهواء المبرد من خلال الدرنات المخزنة (شكل ١–٦)

ولتجنب نقص الأكسجين في هواء المخزن، فإنه يجب سحب الهواء من خارج المخزن إلى داخله بمعدل ٣–٥م^{3} لكل طن من الدرنات المخزنة يوميًا وعندما تخرج من

المخزن كمية مماثلة من لهواء الداخل فيه فإن ذلك يمنـع تـراكم ثـانى أكـسيد الكربـون الناتج من التنفس

إن البطاطس تخزن .ما فى ثلاجات، وإما فى خزانات bins ضخمة غير مبردة بارتفـاع يصل إلى سـتة أمتار، وفيها يتعين دفع الهواء من أرضية الخـزان — مـن خـلال مجـار مـن المعدن المتموج — يتخلل الكومة، الأمر الذى يؤمن توزيعًا جيدًا لهواء بارد رطب، مما يقلل من انكماش الدرنات وتزريعها وتعفنها. يجب أن تكون التهوية بمعـدل ٠,٦–١ م٣/دقيقـة لكل طن من درنات التسويق الطازج، وبمعـدل ٠,٨–١ م٣/دقيقـة لكـل طـن مـن الـدرنات المخصصة لصناعة الشبس وإذا زاد تدفق الهواء عما ينبغى قـد تـنخفض الرطوبـة النـسبية حول الدرنات، مما يتسبب فى إحداث فقد فى الوزن (Yanta & Tong ٢٠٠٧)



شكل (١–٦): مقطع عمودى لمخزن بطاطس مبرد.

وفى كل الحـالات يجـب عـدم الـسماح بتكثيـف رطوبـة حـرة علـى الـدرنات أثنـاء التخزين، وإذا حدث ذلك تصبح حركة الهواء ضرورية، بالإضـافة إلى أن حركـة الهـواء تعد ضرورية — كذلك — للمحافظة على تجانس الحرارة المرغوب فيها والرطوبة النـسبية المطلوبة فى جميع أنحاء كومة الدرنات

ومن أهم مزايا تهوية الدرنات بالدفع الجبري للهواء خلال كوماتها، ما يلي:

١- التخلص من حرارة الحقل وحرارة التنفس

٢- المساعدة على تجانس الحرارة والرطوبة النسبية فى كل أنحاء الكومة

٣- منع تقدم إصابات الأعفان خارج النسيج الذى حدثت فيه، وذلك بتجفيف الأماكن التى تبدو مبتلة والدرنات التى تم حصادها من تربة رطبة

٤- تجنب التراكم الزائد لثانى أكسيد الكربون الناتج من التنفس

وتجرى التهوية بعدة طرق، منها ما تتم من خلال مجارٍ للهواء تكون على بعد ٢,٥-٣ أمتار من بعضها تحت الكومة، وينفذ منها الهواء وقد تستعمل أنابيب مموجة من الصلب أو الألومنيوم تختلف أحجامها باختلاف حجم المخزن. وبها ثقوب كل ٢٠-٣٠سم لنفاذ الهواء وقد تستعمل قنوات هواء خشبية على شكل حرف A يكون فيها فتحات طولية وفى كل الحالات ينفذ الهواء إلى تلك القنوات الجانبية من قناة رئيسية تتصل بالمروحة الساحبة للهواء

وفى المناطق الجافة يكون من الضرورى تزويد الهواء المستعمل فى التهوية بالرطوبة

طريقة وضع الدرنات فى المخازن

يمكن تخزين البطاطس وهى سائبة حتى ارتفاع ٣.٥ متر، أى يكون تكويمها بمعدل حوالى ٢٥٠٠ كجم لكل متر مربع من أرضية المخزن

وإذا خزنت الدرنات وهى معبأة فى أجولة، فلا تجوز زيادة ارتفاع الرصّات عن ثلاثة أمتار، حيث تكون السعة التخزينية فى هذه الحالة حوالى ١٧٠٠ كجم/م^{2} — وليس ٢١٠٠ كجم/م^{2} — بسبب الفراغات التى توجد بين الأكياس.

ويجب — دائمًا — مراعاة عدم المغالاة فى عدد رصّات أجولة البطاطس، ذلك لأن ارتفاع السقف يتراوح فى ثلاجات الدور الواحد بين خمسة وستة أمتار، مما قد يشجع على وضع ٢٠ رصّة أو أكثر فوق بعضها ولكن ذلك لا يسمح بانخفاض الحرارة إلى الدرجة المطلوبة فى مركز البلوكات

ويراعى كذلك ترك فراغات كافية بين الرصّات، والتحكم فى دفع الهواء البارد من خلالها، وعدم خفض حرارة التبريد عن ٣°م، وعدم ملامسة الدرنات فى الرصّات العلوية لمواسير التبريد.

يراعى عند تصميم المخازن أن تتحمل جدرانها ضغطًا يصل إلى ٦٠٠ كجم على المتر المربع، وهو الضغط الذى تتعرض له الأجزاء السفلى من جدران المخزن عند تخزين الدرنات فى كومات يصل ارتفاعها إلى ٣,٥ متر

وللإطلاع على التفاصيل التكنولوجية المتعلقة بتصميم وإنشاء مخازن البطاطس المبردة يراجع Davis (١٩٨٠)

التخزين فى الجو المعدل والجو المتحكم فى مكوناته

إن الجو المتحكم فى مكوناته (CA) والجو المعدل (MA) قليلا الفائدة للبطاطس وعندما تتعرض الدرنات بعد الحصاد لهواء تنخفض فيه نسبة الأكسجين عن ٥٪ فإنه يتأخر فيها تكوين البيريدرم والتئام الجروح وعند انخفاض الأكسجين إلى أقل من ٥ ١٪ أو زيادة ثانى أكسيد الكربون عن ١٠٪ تظهر روائح غير مرغوب فيها وطعم غير مقبول، وتحدث تغيرات لونية داخلية وتزداد الإصابة بالأعفان وبينما يخفض التركيز المرتفع لثانى أكسيد الكربون من تكوين السكريات المختزلة، فإنه يزيد من محتوى السكرور (Voss ٢٠٠٤)

كذلك لا يوصى بتخزين البطاطس فى الجو المعدل، نظرًا لشدة حساسيتها لنقص الأكسجين الذى يؤدى إلى إصابتها بالقلب الأسود وسواء أحدث القلب الأسود نتيجة لنقص تركيز الأكسجين، أم لزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون، فإن الهواء المعدل يتوفر فيه كلا العاملين كما أن التهوية التى تعد ضرورية فى مخازن البطاطس تتعارض مع مبدأ التخزين فى الجو المعدل (Lougheed ١٩٨٧)

وفى المقابل وجد أن تخزين البطاطس فى ٩,٤٪ ثانى أكسيد الكربون مع ٦ ٣٪ أكسجين على ٥°م يؤدى إلى وقف التزريع كلية – تقريبًا – مع انخفاض فى النقص فى

الوزن، والمحافظة على اللون الجيد لجلد الدرنات وعندما استمر تخزين تلك الدرنات بعد ذلك لمدة ٢٠ أسبوعًا في الهواء على ٥°م استمر اللون الجيد للجلد واستمر عدم التزريع وعلى الرغم من أن الشبس الذى جهز من تلك الدرنات كان أدكن لونًا مما يُسمح به، إلا أن تهيئتها أدت إلى جعل الشبس باللون المطلوب في أحد الأصناف (وهو Saturna)، ولكن ليس في صنفين آخرين، وكان مستوى السكريات المختزلة هو المسئول عن لون الشبس قبل التهيئة وبعدها (Khanbari & Thompson ١٩٩٦)

ومن المعروف أن لون البطاطس المحمرة يتأثر سلبيًّا بالتفاعل بين غاز ثاني أكسيد الكربون — الذى يتراكم في هواء المخازن — وغاز الإثيلين الذى قد ينطلق — من عدة مصادر — وقد يصل إلى تركيز ٥٠ ميكروليتر/لتر وفي دراسة عُرِّضَت فيها بطاطس في طور الراحة (ساكنة) أو خرجت منه (غير ساكنة) لتوافيق مختلفة من غاز ثاني أكسيد الكربون بتركيزات تراوحت بين صفر ٪، و ٢٪، وغاز الإثيلين (بتركيزات تراوحت بين صفر ٪، و ٥,٠ ميكروليتر/لتر)، وجد ما يلى:

١- لم يتغير لون التحمير عن لون الكنترول عندما كان التعريض لأى تركيز من ثاني أكسيد الكربون في غياب الإثيلين، وذلك سواء أكانت الدرنات في طور الراحة، أم خرجت منه.

٢- عندما كانت المعاملة بالإثيلين فقط في غياب ثاني أكسيد الكربون ازدادت دكنة لون التحمير أيًا كانت حالة الدرنات.

٣- في الدرنات غير الساكنة توقفت الزيادة في دكنة التحمير – الناتجة من التعرض للإثيلين – على تركيزات الغاز.

٤- كذلك عندما كان تعرض الدرنات غير الساكنة لكل من ثاني أكسيد الكربون والإثيلين، اعتمدت الزيادة في دكنة التحمير على التركيز، حيث ازدادت الدكنة بزيادة تركيز أى من الغازين عندما تواجدا معًا

٥- لم تكن الزيادة في دكنة التحمير مع زيادة التركيز، وكذلك لم يكن التفاعل بين الإثيلين وثاني أكسيد الكربون جوهريًّا في الدرنات الساكنة

٦– فى كل من الدرنات الساكنة وغير الساكنة كانت دكنة التحمير أعلى ما يمكن عند تواجد كلا الغازين بأعلى تركيز (Daniels-Lake & Prange ٢٠٠٩)

الظواهر والتغيرات المصاحبة للتخزين

تنفس الدرنات

يعتبر تنفس الدرنات أهم الأنشطة الفسيولوجية التى تحدث فيها؛ وهو نشاط يميز كافة الأنسجة الحية من غير الحية، ويؤثر فى عديد من صفات الجودة

ويتأثر معدل تنفس الدرنات بالعوامل التالية:

١– درجة النضج يكون أعلى معدل للتنفس فى الدرنات التى تحصد بعد بداية تكوينها مباشرة، ثم ينخفض معدل التنفس سريعًا فى الدرنات التى تحصد وهى أكبر حجمًا، كما يستمر انخفاض التنفس فى الدرنات التى تحصد وهى فى المراحل القريبة من النضج، وحتى اكتمال النضج

٢– فترة التخزين يقل تنفس الدرنات تدريجيًا أثناء التخزين حتى بداية نمو البراعم، ثم يزداد ثانية

٣– درجة الحرارة يزيد معدل التنفس بمقدار ضعفين مع كل زيادة قدرها ١٠ درجات مئوية ما بين صفر و ٢٠°م، أى أن الـ Q_{10} = ٢,٠، لكن تقديرات أخرى تشير إلى أنه قد يكون أقل من ذلك

٤– تركيز غاز الأكسجين ينخفض معدل التنفس مع انخفاض تركيز الغاز عن المستوى الطبيعى فى الهواء الجوى، وهو ٢٠٪

٥– تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون: يقل معدل التنفس بزيادة تركيز الغاز.

٦– المركبات المثبطة والمحفزة للنشاط الحيوى: يتأثر معدل التنفس بالنقص أو الزيادة عند المعاملة بهذه المركبات حسب نوعيتها

٧– الإثيلين تؤدى المعاملة بالإثيلين إلى زيادة معدل التنفس

٨– الإشعاع تؤدى المعاملة بأشعة جاما إلى زيادة مؤقتة فى معدل التنفس، تستمر لمدة أسبوع، ثم تنخفض إلى المعدل الطبيعى بعد ذلك

٩- نمو البراعم (التنبيت) تصاحب نمو البراعم زيادة كبيرة في معدل تنفس الدرنات

١٠- طريقة تداول الدرنات يؤدى تداول الدرنات بخشونة إلى حدوث زيادة كبيرة في معدل تنفسها (عن Burton ١٩٧٨)

ويتباين معدل تنفس درنات البطاطس (بالمليجرام ثاني أكسيد كربون لكل كيلوجرام واحد من الدرنات في الساعة) حسب مدى اكتمال تكوين الدرنات وحرارة التخزين، كما يلي (Voss ٢٠٠٤).

حرارة التخزين (°م)	الدرنات غير المكتملة التكوين	الدرنات المكتملة التكوين
٥	٢٤	٦-١٨
١٠	٣٠-٤٠	١٣-١٩
١٥	٢٥-٥٧	١١-٢٢
٢٠	٣٢-٨١	١٤-٢٩

إنتاج الإثيلين

يكون معدل إنتاج الإثيلين فى البطاطس البلية والمكتملة النمو منخفضًا للغاية، حيث يقل عن ٠,١ ميكروليتر لكل كيلوجرام من الدرنات فى الساعة على ٢٠°م ويزداد المعدل كثيرًا عن ذلك فى الدرنات المجروحة والمضارة.

ودرنات البطاطس ليست شديدة الحساسية للإثيلين الذى قد تتعرض له من مصادر خارجية وقد وجد أن التعرض للمستويات المنخفضة من الإثيلين يمكن أن يرفع من معدل التنفس. وبخاصة فى البطاطس غير المكتملة التكوين؛ مما يؤدى إلى فقد فى وزن الدرنات وانكماشها وبينما يمكن أن تثبط التركيزات المنخفضة للغاز من التبرعم — بعد تخزين البطاطس غير المعاملة بمثبطات التبرعم لمدة ٢-٣ شهور على ٥°م — فإن تعرضها حينئذٍ لتركيزات عالية من الإثيلين قد يستحث التزريع (Voss ٢٠٠٤)

التزريع

يؤدى تزريع الدرنات فى المخازن إلى ما يلى:

١– زيادة فقد الدرنات لرطوبتها؛ ومن ثم انكماشها.

٢– زيادة الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة فى المخازن؛ ومن ثم زيادة مشاكل الأعفان

٣– زيادة محتوى الدرنات من السكريات المختزلة؛ ومن ثم زيادة التلون البنى فى المنتجات المصنعة

٤– فقد القيمة التسويقية للدرنات فى حالات التزريع الشديدة

ويُستدل من الدراسات التى أجريت على سكون درنات البطاطس أن كلا من حامض الأبسيسك والإثيلين ضروريان لأجل حث السكون، ولكن حامض الأبسيسك فقط هو الذى يلزم لاستمرار سكون البراعم ويبدو أن حدوث زيادة فى كل من محتوى السيتوكينين والحساسية له هما العاملان الرئيسيان اللذان يقودان إلى زوال حالة السكون أما التغيرات فى محتوى الدرنات من كل من إندول حامض الخليك وحامض الجبريليك فيبدو أنها أكثر علاقة بتنظيم النمو البرعمى بعد انتهاء حالة السكون (Suttle ٢٠٠٤).

وقد درس Suttle (٢٠٠٤) دور الجبريللينات الطبيعية فى درنات البطاطس فى خروجها من طور الراحة وبدء تنبيتها وذلك فى صنف البطاطس Russet Burbank. ولقد وُجِدَ أن السكون بدأ فى الانتهاء بعد ٩٨ إلى ١٣٤ يومًا من التخزين، حيث أظهرت الدرنات نموًا محدودًا (< ٢ مم) للنبت وأعقب ذلك ازدياد ضعف سكون الدرنات حيث ازداد طول النبت بعد ١٨٧ يومًا من التخزين، وانتهى سكون الدرنات تمامًا وكان النبت قويًا بعد ٢١٢ يومًا من التخزين وقد ظهر بعد الحصاد مباشرة أن محتوى الدرنات من كل من GA_{19}، و GA_{20}، و GA_1 كان عاليًا نسبيًا (٠,٤٨–٠,٦٢ نانوجرام/جم وزن طازج)، بينما انخفض تركيزها بين ٣٣، و ٩٣ يومًا من بدء التخزين وازداد محتوى الدرنات من كل من GA_{19}، و GA_{20}، و GA_1 قليلاً بين ٩٣، و ١٣٥ يومًا من بدء

التخزين، حيث وصل إلى مستويات مماثله لتلك التى كانت تتواجد فى الدرنات الشديدة السكون بعد الحصاد مباشرة وقد استمر مستوى تلك الجبريللينات فى الزيادة مع زيادة قوة نمو البراعم ولم يعثر على أى أثر لكل من الـ GA_4 والـ GA_8 فى أى من الدرنات أيًا كانت حالة سكونها وقد حفزت المعاملة بالجبريللينات التبرعم فى الدرنات التى كانت قد مرت بالفعل بفترة السكون العميق، وكان GA_1 أشدها تأثيرًا. ثم GA_{20}، ثم GA_{19} ويستدل من تلك النتائج على أن الجبريللينات لا تلعب دورًا فى التخلص من حالة السكون، وإنما فيما يعقب ذلك من إنبات للبراعم

فقد الرطوبة

يتأثر فقد الدرنات للرطوبة أثناء تخزينها بالعوامل التالية

١- معدل التسميد السابقة للحصاد: تبعًا لـ Kolbe وآخرين (١٩٩٥) فإن الفقد فى الوزن فى الدرنات المخزنة على ٤°م ورطوبة نسبية لا تقل عن ٩٠٪ يزداد بزيادة التسميد الآزوتى أو البوتاسى قبل الحصاد، ويقل بزيادة التسميد الفوسفاتى كذلك وجد Kolsch وآخرون (١٩٩١) أن زيادة التسميد قبل الحصاد أضعفت من جودة البطاطس وصلاحيتها للتخزين، وتسببت فى زيادة معدل التنفس، والفقد الرطوبى، والتبرعم؛ ومن ثم الفقد فى الوزن

٢- الصنف: تختلف الأصناف فى سرعة فقدها للرطوبة، وربما يرجع ذلك إلى اختلافها فى سمك طبقة البيريدرم

٣- النضج يزداد فقد الماء من الدرنات غير الناضجة، ويقل الفقد تدريجيًا مع زيادتها فى النضج

٤- الجروح والخدوش. يزداد فقد الماء مع زيادة تجريح وخدش الدرنات أثناء تداولها

٥- البيريدرم يقلل البيريدرم من فقد الدرنات للرطوبة.

٦- الفرق فى ضغط بخار الماء water vapor pressure deficit بين أنسجة الدرنة والهواء المحيط بها؛ فكلما ازداد هذا الفرق، ازداد فقد الماء من الدرنات

٧– درجة الحرارة كلما ارتفعت درجة الحرارة انخفض ضغط بخار الماء فى الهواء المحيط بالدرنات، وازداد فقد الرطوبة تبعًا لذلك

٨– التهوية يزداد الفقد الرطوبى مع زيادة التهوية

٩– التنبيت. يؤدى نمو البراعم وتنبيت الدرنات إلى حدوث زيادة كبيرة فى فقد الماء بالنتح من هذه النموات (عن Burton ١٩٧٨).

انكماش وذبول الدرنات

تنكمش الدرنات وتقل فى الوزن تدريجيًا مع التخزين؛ ويرجع ذلك إلى حدوث فقد فى كل من الرطوبة والمادة الجافة، إلا أن الفقد فى الرطوبة يكون أكبر. ويصل إلى ٩٠٪ من جملة الفقد فى الوزن، بينما يكون الفقد فى المادة الجافة نتيجة التنفس فى حدود ١٠٪ من الفقد فى الوزن الجاف

ويزيد الفقد فى الرطوبة فى بداية فترة التخزين؛ بسبب الجروح والتسلخات والكدمات التى تحدث فى بعض الدرنات، ويكون الفقد فى الرطوبة أكبر فى الدرنات غير الناضجة ومع علاج الدرنات يترسب السيوبرين، ويتكون بيريدرم الجروح، ويقل فقد الدرنات للماء تدريجيًا ومع انتهاء فترة العلاج التجفيفى يقل فقد الدرنات للماء بدرجة كبيرة ولا يوجد فرق بين أصناف البطاطس فى فقدها للرطوبة خلال هذه المرحلة ومع استمرار التخزين وبداية تزريع الدرنات يزداد الفقد مرة أخرى؛ نتيجة سهولة تبخر الماء من النموات الجديدة. وتختلف الأصناف كثيرًا، فى بداية تلك المرحلة؛ نتيجة لاختلافها فى طول فترة السكون من جهة، وفى سرعة نمو النبت الذى يزداد فقد الماء من خلاله من جهة أخرى هذا . ويزيد فقد الرطوبة أثناء التخزين عند انخفاض الرطوبة النسبية أو ارتفاع درجة الحرارة، أو زيادة التهوية

يتبع الفقد فى المادة الجافة بالتنفس نفس مسلك الفقد فى الرطوبة؛ فيكون مرتفعًا فى بداية فترة التخزين، ثم ينخفض لفترة حتى بداية التزريع؛ حيث يرتفع معدل التنفس مرة أخرى؛ فبعد الحصاد مباشرة يزيد معدل التنفس فى الدرنات غير

النضجة عنه فى الدرنات الناضجة، وذلك بسبب ارتفاع نسبة سكر السكروز فيها، ولوجود علاقة طردية مباشرة بين نسبة السكروز وسرعة التنفس وتزيد الأضرار الميكانيكية من سرعة التنفس، ومن ثم فإن وسيلة الحصاد تؤثر على سرعة التنفس؛ لتأثيرها على نسبة الدرنات المصابة بالأضرار الميكانيكية وبعد انتهاء فترة العلاج تنخفض سرعة التنفس بدرجة كبيرة، لكن العلاقة تبقى طردية بين سرعة التنفس ودرجة حرارة التخزين. ويكون مقدار سكر السكروز المستخدم فى التنفس لكل جرام من درنات البطاطس كما يلى:

حرارة التخزين (°م)	كمية السكروز المستهلكة فى التنفس (ملليجرام/كجم درنات)
صفر	٢,٣
٣	٢,٨
٦	٣,٥
١٠	٤,٥
٢٠	٩,٥

يمكن القول إجمالاً بأن التنفس يؤدى إلى نقص الوزن الجاف للدرنات تحت ظروف التخزين الجيدة بنحو ١,٠٪ من المادة الجافة شهريًا

ونظرًا لأن الفقد فى الرطوبة يكون بسرعة أكبر من الفقد فى المادة الجافة بالتنفس؛ لذا تتحسن الكثافة النوعية للدرنات مع التخزين. وقد يعتبر انكماش الدرنات قليلاً خسارة أو فائدة للمنتج، ويتوقف ذلك على نوعية الاستعمال المتوقعة للبطاطس المخزنة؛ فعند التخزين لغرض الاستهلاك الطازج يعتبر أى فقد فى الوزن خسارة مباشرة. وإذا زاد الفقد على ١٠٪ تنكمش الدرنات بوضوح، وربما لا يمكن تسويقها، أو ربما يمكن بيعها بأسعار مخفضة، أما عند التخزين لغرض التصنيع، فإن أى فقد فى الرطوبة يُحسن من نوعية الدرنات، وذلك بما يُحدثه فقد الرطوبة من زيادة فى الكثافة النوعية، لكن زيادة نسبة الفقد على ١٠٪ تؤدى إلى صعوبة تقشير الدرنات.

الاخضرار

تحدث ظاهرة اخضرار الدرنات لدى تعرضها للضوء، سواء أكان التعرض قبل الحصاد، أم بعده، وهى الظاهرة التى ترجع إلى تمثيل الكلوروفيل بالدرنات تحت تأثير الإضاءة، ويتحدد العمق الذى يصل إليه تمثيل الكلوروفيل فى الدرنة ومدى تركيزه على شدة الإضاءة التى تتعرض لها الدرنات وطول مدة التعرض، وعلى عوامل أخرى من أهمها درجة اكتمال نمو الدرنات حيث تزداد الظاهرة فى البطاطس "البلية" ويكون تمثيل الكلوروفيل مصاحبًا – دائمًا – بتمثيل الجليكو ألاكالويد السام "السولانين solanine

وقد أدى تعريض درنات البطاطس من ثلاث أصناف لضوء الشمس غير المباشرة لمدة ٢٠ يومًا إلى زيادة محتوى القشرة الخارجية من الكلوروفيل بمقدار ١٠–١٨ ضعفًا ومن الجليكوألكالويدات glycoalkaloids الكلية بنسبة ٨٪ إلى ٥٦٪، إلا أن تلك الزيادة ارتفعت إلى ٢٦٪ حتى ٧٥٪ عندما كان التعرض لضوء الشمس المباشر (Sukumaran وآخرون ١٩٧٥)

أضرار البرودة

أضرار البرودة chilling injury هى تلك التى تصيب الدرنات عند تعرضها لفتره طويلة لحرارة من صفر إلى ٢°م؛ حيث تظهر على الدرنات حالة تسمى التلون الماهوجنى mahogany browning، وفيها تتحلل الأنسجة الداخلية بدرجات مختلفة؛ فقد تقتصر الإصابة على الحزم الوعائية فقط، وقد تكون الإصابة فى مناطق غير منتظمة بلون بنى ضارب إلى الاحمرار، وتنتشر فى القشرة، والأسطوانة الوعائية، والنخاع أحيانًا
ومع ازدياد الانخفاض فى درجة الحرارة التى تتعرض لها الدرنات تنهار الأنسجة المصابة تمامًا، ويصبح لونها بنيًا داكنًا، وتصبح الدرنات أكثر قابلية للإصابة بالعفن الطرى.

وقد تظهر أعراض أضرار البرودة على صورة تحلل شبكى net necrosis، حيث

تموت خلايا اللحاء، بينما لا تتأثر الخلايا البرانشيمية المحيطة بـه التـى تكـون أقـل تأثرًا بالحرارة المنخفضة من خلايا اللحاء وقد يكون اللحاء المتـأثر متنـاثرًا فـى نـسيج الدرنة، أو فى أحد جوانب الدرنة (الجانب الذى تعرض للحـرارة المنخفـضة)، أو قـد يكون مركزًا فى منطقة الحزم الوعائية وتتشابه أعراض التحلل الشبكى تلك — كـثيرًا — مع أعراض مماثلة تحدث نتيجـة الإصـابة بفـيرس التفـاف أوراق البطـاطس، لكـن يمكن التمييز بينهما بسهولة بتعريض الأنسجة المصابة للأشعة فوق البنفسجية، حيث تظهر الأنـسجة المـصابة بأضـرار الـبرودة بلـون أزرق، بينمـا تظهـر الأنـسجة المـصابة بالفيرس بلون أخضر

تختلف الأصناف فى مدى حسـاسيتها لأضرار البرودة ومـن أكثـر الأصـناف الأمريكيـة مقاومـة كـل مـن جـرين مـاونتن Green Mountain، وواربـا Warba (Talburt & Smith ١٩٥٩)

أضرار التجمد

قد تتعرض الدرنات للتجمد وهى مازالت فى الحقل، أو أثناء التخـزين فـى المخـازن المبردة. ويطلق على حالة التجمد فى الحقل اسـم frost injury، وتظهـر أعراضـها علـى شكل تحلل شبكى للأنسجة، مشابه لأعراض الإصابة بفيرس التفاف الأوراق أمـا حالـة التجمد فى المخازن، فيطلق عليها اسـم freezing injury.

يؤدى تجمد الدرنات إلى تكوين بللـوات ثلجيـة فـى أنـسجتها، يعقبـه مـوت سـريع للأنسجة المتجمدة. ويوجد — عادةً — حد فاصل وواضح بـين النـسيج المتجمـد والنـسيج غير المتجمد من الدرنة. وبعد تفكك النسيج، فإن لونه يتغير سريعًا من الأبيض الـشاحب إلى الوردى، فالأحمر، فالبنى، أو الرمادى، أو الأسود، ويلى ذلك انهيار خلايا النـسيج المصاب وطراوته

وتتوقف درجة الحرارة التـى تتجمـد عندها الـدرنات علـى تركيـز وطبيعـة المـواد الذائبـة فـى العـصير الخلـوى وتـتراوح درجـة حـرارة التجمـد بـين -١، و -٢,٢°م

وتنخفض درجة الحرارة التى تتجمد عندها الدرنات إذا كان قد سبق تخزينها فى درجة حرارة منخفضة، ويرجع ذلك إلى زيادة نسبة السكر فى العصير الخلوى فى هذه الظروف

وتظهر أضرار التجمد خلال نصف دقيقة من بداية تكوين البلورات الثلجية. وتتوقف شدة الأضرار على مدة التعرض لدرجة التجمد كما يلى:

١- عندما تكون مدة التعرض لدرجة حرارة التجمد قصيرة، تظهر الأعراض على شكل حلقة متقطعة، لونها أسود ضارب إلى الزرقة فى منطقة الحزم الوعائية ويطلق على هذه الأعراض اسم التحلل الشبكى net necrosis

٢- مع ازدياد فترة التعرض لدرجة حرارة التجمد تمتد الأعراض إلى النخاع

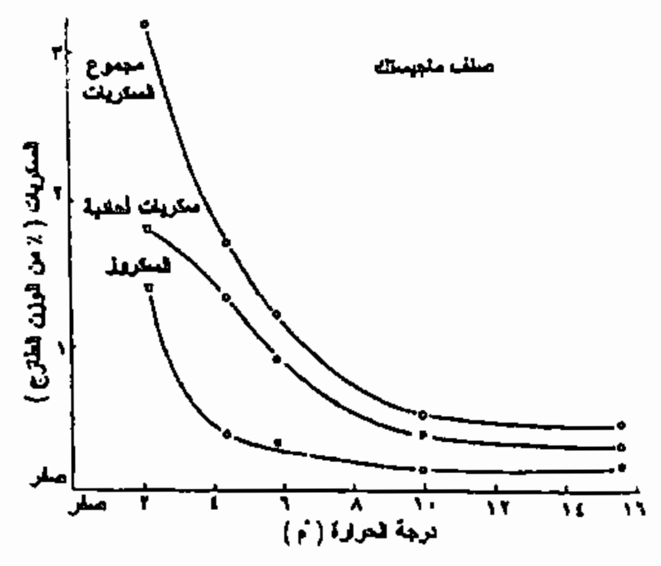
٣- مع استمرار التعرض لدرجة حرارة التجمد لمدة ساعة تظهر بالدرنات من الداخل مناطق متداخلة غير منتظمة الشكل، وسوداء اللون.

٤- إذا استمرت فترة تعرض الدرنات لدرجة حرارة التجمد أربع أو خمس ساعات، فإنها تصبح مائية المظهر، وسميكة، وتخرج منها سوائل

زيادة نسبة السكريات

تأثير درجة حرارة التخزين فى نسبة السكريات

تزداد نسبة السكريات فى درنات جميع أصناف البطاطس عند تخزينها فى درجات الحرارة المنخفضة. ويزداد تراكم السكر مع الانخفاض فى درجة الحرارة ويبين شكل (١-٧) العلاقة بين درجة حرارة التخزين، ونسبة كل من السكريت الأحادية، والسكروز فى الدرنات ويتضح من الشكل أن نسبة السكريات تزداد كثيرًا فى حرارة ٤°م، وهى الدرجة التى يوصى بها لتخزين البطاطس لأطول فترة ممكنة، وأن انخفاض حرارة التخزين عن ٤°م يؤدى إلى ارتفاع حادّ فى نسبة السكروز والسكريات الأحادية، وتعرف هذه الظاهرة باسم زيادة الحلاوة المصاحبة للحرارة المنخفضة low temperature sweetening



شكل (١–٧) العلاقة بين درجة حرارة التخزين، ونسبة كل من السكريات الأحادية والسكروز ف الدرنات.

المشاكل المترتبة على زيادة نسبة السكريات

قد يعد المحتوى العالى للدرنات من السكروز أحد العوامل غير المباشرة التى تُسهم فى دكنة لون الشبس المصنع منها، نظرًا لأن السكروز يعد مصدرًا هامًا لتراكم السكريات المختزلة عند تخزين البطاطس فى حرارة منخفضة (Clegg & Chapman ١٩٦٢)

ولقد سبقت الإشارة إلى أن تراكم السكر فى درنات البطاطس هو المسئول عن ظهور اللون البنى غير المرغوب فيه فى الشبس والبطاطس المقلية، فيما يعرف بالتفاعل البنى Browning Reaction الذى تشارك فيه السكريات المختزلة، وتفاعل ميلارد Millard Reaction الذى تلزم له مركبات أخرى، مثل الأحماض الأمينية التى تتوفر دائمًا فى درنات البطاطس، مما يجعلها عاملاً غير محدد لسرعة هذه التفاعلات، وبذا يبقى تركيز السكريات المختزلة هو العامل المسئول عن التلون باللون البنى عند القلى

هذا إلا أن دراسات Brierley وآخرين (١٩٩٦) أوضحت أن الأحماض الأمينية الحرة والبروتين الذائب ازدادا مع التخزين على ٥°م أو ١٠°م لمدة ٤٠ أسبوعًا، وأن معظم الزيادة حدثت خلال الفترة الأخيرة من التخزين. وإلى جانب تردى لون الشبس المصنع من الدرنات التى خزنت على ١٠°م – الأمر الذى لم يمكن تفسيره على أساس الزيادة فى نسبة السكريات المختزلة تحت هذه الظروف – فإن إعادة تهيئة الدرنات على ٢٠°م لم يؤثر على مستوى الأحماض الأمينية والبروتينات الحرة – الذى ارتفع خلال الفترة الأخيرة من التخزين – الأمر الذى قلل من أهمية إعادة التهيئة فى تحسين لون الشبس المصنع من الدرنات؛ لتواجد الأحماض الأمينية للتفاعل مع أية كمية متراكمة من السكريات المختزلة.

ولقد درس Ohara-Takada وآخرون (٢٠٠٥) التغيرات فى محتوى درنات البطاطس من السكر والأحماض الأمينية أثناء التخزين وتأثير ذلك على مستوى الأكريلميد acrylamide فى الشبس بعد التحمير، ووجدوا أن مستوى الأكريلميد بدأ فى الزيادة بعد ثلاثة أيام من التخزين على ٢°م استجابة لزيادة حدثت فى محتوى الدرنات من كل من الجلوكوز والفراكتوز ووجد ارتباط قوى بين محتوى السكريات المختزلة ومستوى الأكريليمد (R^2 = ٠,٨٧٣ للفراكتوز، و R^2 = ٠,٨٣٦ للجلوكون) أما محتوى الدرنات من السكروز فقد استمر فى الانخفاض حتى بعد ٤ أسابيع من التخزين، ولم يكن مرتبطًا بمستوى الأكريلميد كذلك لم يُظهر محتوى الدرنات من أربعة أحماض أمينية – هى حامض الأسبارتك، والأسباراجين، والجلوتامك، والجلوتامين – أى ارتباط جوهرى بمستوى الأكريلميد وتعنى تلك النتائج أن مستوى الأكريلميد – الذى يرتبط جيدًا بلون الشبس – يعتمد على محتوى الدرنات من السكريات المختزلة ويرتبط بها

تباين الأصناف فى شدة حساسيتها لظاهرة تراكم السكريات

تتباين أصناف البطاطس فى سرعة تراكم السكر فى درناتها أثناء تخزينها فى حرارة منخفضة، فمثلاً يكون تراكم السكر فى الدرنات الصنف مين شب MainChip فى

الحرارة المنخفضة بطيئًا إلى درجة أنها يمكن أن تُصنع فى صورة شبس مباشرة بعد تخزينها على ٧°م، دونما حاجة إلى إخضاعها إلى عملية إعادة التهيئة reconditioning فى الحرارة العالية نسبيًا. كما أن عملية إعادة التهيئة يمكن أن تجرى لها بسهولة عند الضرورة (Reeves وآخرون ١٩٩٤) كذلك يعتبر الصنفان برودك Brodick، وعدن Eden قليلى التأثر بالحرارة المنخفضة، حيث يظل محتواهما من السكريات ثابتًا نسبيًا، بينما يزداد السكر بشدة فى الحرارة المنخفضة فى أصناف مثل ركورد Record وبنتلاند دل Pentland Dell (Cottrell وآخرون ١٩٩٣).

الأساس الفسيولوجى للظاهرة

يستدل من دراسات Claassen وآخرين (١٩٩٣) على الصنف بنجى Bintje الذى يتراكم السكر فى درناته فى الحرارة المنخفضة، والسلالة KW77-2916 التى يقل فيها هذا التراكم .. يستدل منها على أن الزيادة فى نشاط إنزيم الفوسفوريليز phosphorylase التى تحدث فى الحرارة المنخفضة (٢ أو ٤°م) تقدح عملية تراكم السكر فى الدرنات أثناء التخزين.

وقد وجد أن الحرارة المنخفضة ٤°م تسرع من تلف أغشية الأميلوبلاستيدات Amyloplasts (البلاستيدات المخزنة للنشا)، بدرجة أكبر فى صنف البطاطس نورشب Norchip الحساس لتراكم السكريات فى درناته فى الحرارة المنخفضة — مما فى صنف DT860-2 المقاوم لظاهرة تراكم السكريات فى درناته أثناء التخزين البارد، الأمر الذى يفيد احتمال وجود علاقة بين حساسية أغشية الأميلوبلاستيدات وتراكم السكريات فى درنات البطاطس (O'Donoghue وآخرون ١٩٩٥)، وخاصة أن أصناف البطاطس تختلف فى حساسيتها لظاهرة تراكم السكريات فى درناتها فى ظروف الحرارة المنخفضة، بينما لا تتحكم إنزيمات الـ invertases فى ذلك التراكم (Zenner وآخرون ١٩٩٦). كما لم تختلف الأصناف — التى تتباين فى حساسيتها لتراكم السكريات فى درناتها فى الحرارة المنخفضة — لم تختلف فى نشاط إنزيمات ألفا أميليز alpha-amylase، وبيتا أميليز beta-amylase، والـ debranching enzyme (Cottrell وآخرون ١٩٩٣).

وقد وجد أن تخزين درنات البطاطس من الصنف رَصت بربانك على ١°م لمدة ٢٨ يومًا أدى إلى زيادة محتواها من كل من السكروز والجلوكوز والفراكتوز، وصاحب ذلك زيادة في نشاط كلا من الإنزيمين sucrose phosphate synthase (اختصارًا SPS) — بمقدار ٢,٢ ضعف — و β-fructofuranosidase (سابقًا invertase) بمقدار ٧,٢ ضعف، بينما ظل نشاط الإنزيم sucrose synthase (اختصارًا: SS) ثابتًا خلال فترة التخزين البارد، ولم يختلف نشاطه عما في درنات خزنت على ١٠°م وعندما أعقب التخزين البارد على ١°م تهيئة للدرنات — بتخزينها على ١٠°م — حدثت زيادة أولية حدة في معدل التنفس وصلت إلى ذروتها بعد حوالى ٧ أيام، أعقبها انخفاض تدريجي كذلك انخفض تركيز السكروز سريعًا خلال فترة وضع الدرنات على ١٠°م، بينما كان الانخفاض في تركيز الجلوكوز والفراكتوز أقل حدة وقد كانت تلك التغيرات مصاحبة بزيادة حادة في نشاط الـ SS وصلت ذروتها بعد ٧ أيام من التخزين على ١٠°م، أعقبها انخفاض تدريجي إلى أن وصل نشاطه إلى مستوى النشاط في درنات الكنترول أما نشاط الـ SPS والإنفرتيز فقد انخفض أثناء فترة التهيئة إلى أن وصل إلى مستوى النشاط في درنات الكنترول بعد ١٥ يومًا (Illeperuma وآخرون ١٩٩٨).

وبالإضافة إلى زيادة محتوى الدرنات من السكريات المختزلة أثناء تخزينها على ٤°م، فإن الـ pH ينخفض بصورة واضحة ويزداد نشاط إنزيم الفوسفورليز phosphorylase. وتؤدى تهيئة الدرنات على ٢١°م – بعد تخزينها على ٤°م – إلى خفض محتواها من السكريات وارتفاع رقمها الأيدروجيني وتحسن لون الشبس المصنع منها والجدير بالذكر أن إنزيم الفوسفورليز يعمل على تحلل النشا؛ مما قد يجعله مؤثرًا في محتوى السكر ودكنة لون الشبس وقد وجد أن pH عصير الدرنات يرتبط سلبيًا بمحتواها من السكر، ويعد دليلاً جيدًا لتقدير جودة الشبس التي يمكن أن تُصنَّع منها (Hyde & Morrison ١٩٦٤)

انخفاض نسبة النشا

تنخفض نسبة النشا في درنات البطاطس عند تخزينها في درجات حرارة منخفضة،

بسبب زيادة معدلات تحوله إلى سكر فى هذه الظروف، بينما قد تزداد نسبة النشا عند التخزين فى درجات الحرارة المرتفعة، بسبب زيادة معدلات فقد الرطوبة فى هذه الظروف، وزيادة نسبة المادة الجافة تبعًا لذلك. ولا تتأثر الخواص الطبيعية للنشا بدرجة حرارة التخزين. لكن حبيبات النشا قد تقل فى الحجم بازدياد فترة التخزين؛ بغض النظر عن درجة الحرارة.

التغيرات فى الكاروتينات

يتأثر محتوى الدرنات من الكاروتينات بكل من فترة وحرارة التخزين، وأيضًا بمعاملة الإشعاع لمنع التزريع. فقد وجد أن محتوى الكاروتينات يزداد فى درنات جميع الأصناف المختبرة المخزنة على ٢٥-٣٠°م، وبدرجة أقل على ٢-٤°م أو ١٥°م. وعندما عوملت الدرنات قبل تخزينها بأشعة جاما بجرعة مقدارها ١٠ كيلوراد انخفض محتواها من الكاروتينات أثناء التخزين، وبخاصة على حرارة ١٥°م، حيث بلغ الفقد ٥٠٪ بعد ستة شهور من التخزين. وعندما تمت تهيئة الدرنات التى عوملت بالإشعاع وخزنت على ١٥°م لمدة ٧ شهور (وذلك بوضعها على ٣٤-٣٥°م لمدة ٦-١٢ يومًا) تضاعف محتواها من الكاروتينات بمقدار الضعفين إلى الستة أضعاف (Janave & Thomas ١٩٧٩).

التغيرات فى بعض المركبات الأخرى

١- المركبات النيتروجينية: لا تحدث أى تغيرات فى المركبات النيتروجينية إلا عند بداية نمو البراعم، حيث يزيد البرولين، وينتقل إلى النموات الحديثة.

٢- المركبات الفينولية: يزيد حامض الكلوروجينك فى البراعم أثناء التخزين وفى الخلايا المجاورة للجروح ويزيد التيروزين — وهو أحد المركبات النيتروجينية أيضًا — عند تعرض الدرنات للخدش أو التجريح.

٣- الكلوروفيل: يتكون الكلوروفيل فى الخلايا السطحية إذا تعرضت الدرنات للضوء.

٤– الجليكوالكالويدات glycoalkaloides تزداد هي الأخرى عند تعرض الدرنات للضوء

٥– التربينويدات terpenoides أهمها الريشتين rishitin والفيتيوبيرين phytuberin، وقد يصل تركيزها في الدرنات المصابة بالأمراض إلى ملليجرام واحد لكل جرام من الوزن الطازج ويزداد التركيز عند الإصابة ببعض الفطريات؛ مثل الفطر المسبب لمرض الندوة المتأخرة. والبكتيريا المسببة لمرض التعفن البكتيري لطرى

٦– فيتامين جـ يقل تركيز فيتامين جـ كثيرًا أثناء التخزين من نحو ٣٠ ملليجرام/١٠٠جم عند الحصاد إلى حوالى ١٠ ملليجرام/١٠٠جم بعد أشهر قليلة من التخزين، لكن ثلثا الفقد في فيتامين ج يكون خلال الثلاثة أو الأربعة أسابيع الأولى من التخزين

وقد أدى التخزين لمدة ستة أسابيع على حرارة ٣٠°م إلى انخفاض محتوى درنات أربعة أصناف من البطاطس من فيتامين جـ بنحو ٥٠٪ في المتوسط، واستمر الانخفاض بعد ذلك – ولكن بدرجة أقل خلال فترة إعادة التهيئة التي أعقبت التخزين البارد ودامت لمدة أسبوعين على حرارة ٢٥°م (Okeyo & Kushad ١٩٩٥)

أما الفيتامينات الأخرى . فيبدو أنها لا تتأثر بحرارة التخزين

التصدير والشحن

تصدر البطاطس إلى كل من الدول الأوروبية – خاصة إنجلترا – والدول العربية ومعظم البطاطس المصدرة إلى إنجلترا هي من البطاطس الجديدة new potatoes (البلية) التي تحصد قبل تمام نضجها ويقل قطر درناتها عن ٣ سم، وترتفع فيها نسبة الرطوبة كثيرًا، حيث تبلغ كثافتها النوعية حوالى ١,٠٨، ولا تلتصق قشرتها بالدرنة

تصدر البطاطس البلية في أجولة من الجوت المبطن بالبولى إيثيلين الأسود المثقب سعة ٢٢ كجم وتخلط درنات كل جوال بنحو كيلوجرام واحد من البيت موس المندى بنحو لتر ونصف من الماء، حتى تحتفظ برطوبتها خلال فترة الشحن التي تستغرق ٢–٣ أسابيع . والتي تكون في ثلاجات على حرارة من ٣°–٥°م

أما البطاطس المكتملة النضج، فإنها تصدر إلى كل من الدول العربية والأوروبية

وعند شحن البطاطس فى الحاويات يتعين تبريدها قبل التحميل إلى ٤°م، مع ضبط منظم الحرارة على تلك الدرجة، على أن تتراوح حرارة المحصول ذاته عند تحميله بين ٤، و ٩°م. ويجب أن تكون تهوية الحاويات بمعدل ١٥م³/ساعة (١٠ قدم مكعب/دقيقة) بالنسبة للحاويات التى تكون بطول ٦ أمتار (٢٠ قدم)، وبضعف ذلك المعدل بالنسبة للحاويات التى تكون بطول ١٢م (٤٠ قدم)، مع توفير ٩٠٪-٩٥٪ رطوبة نسبية، علمًا بأن درجة تجمد البطاطس هى -٠,٨°م، وأن إنتاجها من الإثيلين منخفض للغاية، وإن كانت متوسطة الحساسية للغاز الذى قد تتعرض له من مصادر خارجية وتنطبق كل تلك الخصائص على البطاطس فى جميع مراحل التكوين من "البلية" إلى المكتملة التكوين (Optimal Fresh — الإنترنت — ٢٠٠١)

البطاطس المجهزة للمستهلك

تجهز البطاطس الطازجة للمستهلك على صورة أصابع sticks، ومجزأة إلى قطع صغيرة diced، وعلى صورة شرائح sliced، ومقشرة peeled

يجب أن تكون البطاطس المجهزة صلبة وبدون أى تلون غير طبيعى، وخاصة التلون البنى الإنزيمى. ويعد التقشير اليدوى أفضل من الحك الآلى ويلزم غمر البطاطس المجهزة فى سوائل مضادة للتلون البنى مثل ٠,٥٪ L-cysteine + ٢٪ حامض ستريك مع استعمال عبوات الجو المعدل (MAP) لمنع حدوث التلون البنى للبطاطس المقشرة.

والجو الموصى به للبطاطس المجهزة هو ١٪-٣٪ أكسجين مع ٦٪-٩٪ ثانى أكسيد كربون، علمًا بأن ذلك الأمر — وحده — لا يمنع التلون البنى. وقد تحفز التعبئة تحت تفريغ نمو البكتيريا *Clostridium botulinum*.

ويتباين معدل تنفس البطاطس المجهزة (بالملليجرام ثانى أكسيد كربون لكل كيلوجرام

فى الساعة) حسب طريقة التجهيز ودرجة الحرارة كما يلى

الحرارة (°م)	المقشرة الكاملة	الأنصاف	الشرائح بسمك ٢ سم	الأصابع (مقطع ١ × ١سم)
٢	٦–٨	٨	١٠–١٢	١٢,٢
٥	٧,٨	٧,٨–٩,٨	١١,٧–١٥,٦	—
١٠	١٧–١٩	٢١–٢٢,٨	٣٨	—
٢٣	٥٤–٦٣	٨١	—	١١٧–١٢٦

هذا .. لم تظهر أى علامات على التلون البنى فى البطاطس التى جهزت للاستعمال fresh-cut وعبئت فى MAP تحت تفريغ خلال ١٤ يومًا من التخزين، عندما كان قد سبق تعبئتها غمرها فى ماء معامل بالأوزون ozonated water أو فى ozone-Tsunami. كما حافظت البطاطس على قوامها ونكهتها، إلا أن الغمر فى الماء المعامل بالأوزون وحده لم يكن كافيًا لخفض العد الميكروبى الكلى، بينما تحقق ذلك الانخفاض بمعاملة الـ ozone-Tsunami، وهى المعاملة التى أوصى باتباعها (Beltrán وآخرون ٢٠٠٥)

الفصل الثانى

البطاطا

اكتمال تكوين الجذور

تكمل جذور البطاطا تكوينها بعد نحو ٥-٦ شهور من الزراعة، ويكون ذلك حوالى شهرى أكتوبر، ونوفمبر في مصر ويفضل الحصاد قبل حلول موسم الأمطار فى الخريف. ويلاحظ أن تأخير الحصاد تصاحبه زيادة في المحصول، وتحسن فى لون الجذور، ولكن التبكير قد يكون أمرًا مرغوبًا فيه عند ارتفاع الأسعار فى بداية الموسم؛ حيث تحصد الجذور بمجرد بلوغها حجمًا صالحًا للتسويق. تسوق هذه الجذور مباشرة دونما معالجة أو تخزين؛ وذلك لأنها – أساسًا – لا تصلح للتخزين. أما إذا رغب في تخزين البطاطا لحين تحسن الأسعار، فإنه يتعين تأخير الحصاد لحين اكتمال تكوين الجذور

ومن علامات وصول المحصول إلى مرحلة النضج المناسبة للحصاد، ما يلى:

١- توقف النمو الخضرى النشط، مع اصفراره قليلاً، لكن الاصفرار قد لا يحدث أحيانًا.

٢- وصول الجذور الدرنية إلى الحجم المناسب للتسويق.

٣- قلة ظهور السائل اللبنى عند قطع الجذور، وسرعة جفافها لدى تعرض الجزء المقطوع للهواء وعلى العكس من ذلك لا يجف الجزء المقطوع من الجذور غير التامة النضج سريعًا، ويتحول بعد فترة قصيرة إلى اللون الأسود.

٤- ارتفاع نسبة السكر في الجذور؛ نظرًا لأن النشا المخزن فى الجذور لا يبدأ فى التحول إلى سكر إلا بعد موت المجموع الخضرى أو توقف نشاطه

٥- يرى المنتجون من ذوى الخبرة أن خطوط البطاطا تتضخم عند اكتمال تكوين الجذور من جراء الزيادة التى تحدث فى حجم الجذور.

ويكون الحصاد – عادة – بعد ١٢٠–١٣٠ يومًا من الزراعة في الصنفين أبيس وبيوريجارد، ويتأخر إلى ١٥٠–١٦٥ يومًا في الأصناف الأخرى

أما إذا كان الغرض من زراعة المحصول هو إنتاج النشا فإن الحصاد يؤخر لأطول فترة ممكنة، ولكن بحد أقصى ١٦٥ يومًا من الزراعة.

ويتعين إجراء الحصاد قبل حلول الصقيع بغض النظر عن مرحلة النضج التي وصلت إليها الجذور؛ لأن الصقيع يوقف النمو ويؤدى إلى موت النموات الخضرية، وقد يمتد العفن منها إلى الجذور أما في المناطق التي لا تتعرض لأخطار الصقيع فإنه يمكن ترك البطاطا في الأرض لمدة ١–٣ شهور بعد تمام نضجها، على أن يمنع عنها الري، وأن تكون المنطقة غير ممطرة. ويساعد ذلك على حصاد المحصول تدريجيًّا حسب احتياجات الأسواق

هذا إلاَّ أن تأخير الحصاد عما ينبغي يؤدى إلى تليف الجذور، وضعف صفاتها الأكلية، وتعرضها للإصابة بالأعفان والحشرات

وتجدر الإشارة إلى أنه – غالبًا – ما لا تكمل جذور النبات تكوينها في وقت واحد؛ ولذا يكون بعضها عند الحصاد غير مكتمل التكوين، بينما يكون بعضها الآخر قد بدأ في التليف ويتطلب الحصاد في الوقت المناسب – وهو الذى تكون فيه أكبر نسبة من الجذور في مرحلة النمو المناسبة للحصاد – تقليع عينات من النباتات على فترات للحكم على مدى صلاحية الحقل للحصاد

الظروف السابقة للحصاد المؤثرة فى جودة الجذور وصلاحيتها للتخزين

درجة الحرارة

لدرجة الحرارة التي تسود أثناء نمو نباتات البطاطا تأثيرات كبيرة على صفات جودة الجذور المؤثرة في قدرتها على تحمل التخزين؛ فقد وجد أن الحرارة العالية (٣١/٣٤°م نهارًا/ليلاً) أدت إلى جعل الجذور أصغر حجمًا وأكثر مقاومة للتسلخ عند لحصاد، حيث احتوت تلك الجذور على بيريدرم يتكون من عدد أكبر من طبقات الخلايا وبمحتوى أقل

من المادة الجافة عما فى الجذور التى أنتجت فى حرارة معتدلة (٢٧/٢٤°م) أو منخفضة (٢٠/١٧°م) (Villavicencio وآخرون ٢٠٠٧)

الغدق

يؤدى غمر التربة بالماء (غدق التربة) — ولو لعدة ساعات — إلى تعرض الجذور لظروف لاهوائية ينعدم فيها الأكسجين وهو أمر قد يحدث فى أى وقت ولكنه يزداد فى الجو الحار، وخاصة إذا ما كانت النموات الخضرية قد أزيلت استعدادًا للحصاد. تبدو الجذور المصابة سليمة مظهريًّا لعدة أسابيع إلى أن تتحلل فى المخازن وأول أعراض الظاهرة عدم خروج إفرازات لبنية من الحلقة الوعائية للجذور المقطوعة، كذلك تنطلق من الجذور المصابة رائحة كحولية ورائحة الخمائر، وتكثر حولها ذبابة الفاكهة وتزداد إصابتها بالأمراض الفطرية والبكتيرية (Edmunds وآخرون ٢٠٠٨)

تقليم النموات الخضرية قبل الحصاد

أدى تقليم النموات الخضرية قبل الحصاد بأسبوعين إلى خفض مستوى تسلخ الجذور أثناء الحصاد وأثناء تعبئتها فى أجولة بعد ذلك (Tomlins وآخرون ٢٠٠٢)

الحصاد

يمنع الرى قبل الحصاد بفترة تتراوح بين ١٥ يومًا فى الأراضى الرملية، و ٣٠ يومًا فى الأراضى الثقيلة يفيد ذلك الإجراء فى تسهيل عملية الحصاد، وتجنب التصاق التربة بالجذور، وتقليل احتمالات تعفن الجذور وتصلب قشرتها.

تُزال النموات الخضرية قبل الحصاد بنحو ٣–٧ أيام إما يدويًّا، وإما آليًّا يفيد ذلك الإجراء فى تكشف الخطوط، وتهويتها، وفى زيادة سمك طبقة البيريدرم، وتصلب قشرة الجذور، وزيادة قدرتها على تحمل التداول.

يبدأ الحصاد فى الصباح الباكر ويتوقف عند اشتداد درجة الحرارة حتى لا تتلف الجذور من جراء تعرضها لأشعة الشمس القوية بعد تقليعها مباشرة. وفى كل الحالات

يجب عدم تعريض الجذور لأشعة الشمس القوية لأكثر من سعة أو ساعتين بعد حصادها

وتحصد حقول البطاطا فى مصر إما يدويًا باستعمال الفأس، ويلزم لذلك ٥٠ رجلاً لكل فدان، وإما بمساعدة من العنصر الحيوانى عند استعمال المحراث البلدى، ويراعى فى الحالة الأخيرة أن يكون سلاح المحراث عميقًا فى التربة تحت مستوى الجذور وفى كلتا الطريقتين يكون حصاد البطاطا بمشقة بالغة.

هذا .. إلا أنه يمكن إجراء الحصاد آليًا باستعمال أى من الوسائل التالية:

١- محراث قرصى بقطر ٢٤-٣٠ بوصة:

يقوم المحراث بتقطيع النموات الخضرية قبل تقليع الجذور، وتناسب هذه الطريقة الأراضى الخفيفة والمتوسطة القوام، ولكنها لا تناسب الأراضى الثقيلة

٢- محراث قلاب مطرحى بعرض ١٢-١٦ بوصة:

يقوم بعملية الحصاد بكفاءة عالية وبنسبة محدودة من التلف

٣- آلة تقليع البطاطس (وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى ١٩٩٣)

ويتعين تقليل حركة الحصيرة الهزازة لتجنب خدش الجذور وتجريحها يجب أن يكون جريد الحصيرة بقطر ١.٢٥سم ومغطى بالمطاط، وأن تكون المساحة بين كل جريدتين ٣,٧٥سم

التداول

تعتبر جذور البطاطا من أكثر الخضر حساسية لعمليات التداول الخشنة التى تؤدى إلى تجريحها وتعد الجروح منفذًا مهمًا للفطريات والبكتيريا المسببة للأعفان كما أن الجروح التى تلتئم تصبح صلبة، وقاتمة اللون، وذات مظهر سيئ وتعتبر البطاطا أكثر حساسية للتجريح من البطاطس، وتجب معاملتها كما تعامل ثمار التفاح، والبرتقال ويفضل دائمًا أن يستعمل العمال القائمون بتداول البطاطا قفازات، حتى لا يخدشون الجذور بأظافرهم

وعلى الرغم من أن البطاطا محصول جذرى، فإن الفاقد فى المحصول بعد الحصاد كبير جدًا، ففى المتوسط يُفقد فى الولايات المتحدة حوالى ٢٠٪–٢٥٪ من البطاطا أثناء المعالجة والتخزين، و نحو ٥٪–١٥٪ أثناء الشحن وفى أسواق التجزئة، ونحو ١٠٪–١٥٪ بعد أن تصل للمستهلك. ويعنى ذلك أن الفاقد فى جذور البطاطا يصل فى الولايات المتحدة لأكثر من ٥٠٪ من المحصول (عن Edmunds وآخرين ٢٠٠٨).

تترك الجذور فى مكانها بعد تقليعها لمدة ٢–٣ ساعات حتى تجف، ثم تفرز لإزالة الجذور المصابة بالأمراض والآفات، وتنقل من الحقل بعد ذلك مباشرة. ولا يجوز أبدًا قذف جذور البطاطا أو تركها فى أكوام فى الحقل نظرًا لكونها شديدة القابلية للإصابة بالخدوش ولفحة الشمس. ويلاحظ أن الجروح تقل معدلات حدوثها بزيادة نضج الجذور.

العلاج أو المعالجة

يعتبر العلاج أو المعالجة curing أولى عمليات التداول التى تجرى على جذور البطاطا بعد عملية الفرز الأولى فى الحقل

ويعد العلاج السريع بعد الحصاد مباشرة — فى نفس يوم الحصاد، وفى خلال ١٢ ساعة على أقصى تقدير — أمرًا حتميًا. وخاصة عندما تكون الحرارة منخفضة وقت الحصاد، وعند الرغبة فى تخزين الجذور لفترة طويلة؛ إذا إنه يساعد على سرعة تكوين طبقة من البيريدريم تحت الأماكن المجروحة أو المقطوعة، يتبعها تكوين طبقة فلينية على السطح. وبغير هذه السرعة فى إجراء عملية المعالجة فإنها لا تكون ناجحة.

طرق إجراء عملية العلاج

إن أفضل طريقة للعلاج التجفيفى هى بإجرائها فى غرف خاصة يمكن التحكم فى حرارتها عند ٢٩ ± ٢°م، ورطوبتها النسبية بين ٩٠٪، و ٩٥٪، حيث تستغرق عملية العلاج تحت هذه الظروف خمسة أيام فقط.

هذا إلاّ أنه فى أغلب الحالات تجرى عملية العلاج التجفيفى فى الحقل بوضع المحصول فى أقفاص بلاستيكية أو فى "مراود" (أكوام طولية) بارتفاع لا يزيد عن ٧٥سم، مع تغطية الجذور بقش الأرز النظيف أو بالنموات الخضرية للبطاطا بسمك كاف، بهدف رفع نسبة الرطوبة حول الجذور، ولكى تحتفظ الجذور بالحرارة التى تنتج عند تنفسها ويستغرق العلاج بهذه الطريقة حوالى ٧–١٠ أيام، ويصل الفقد فى الوزن خلالها إلى ٥٪

كذلك قد تجرى عملية العلاج التجفيفى فى مصر بوضع الجذور بعد حصدها مباشرة فى أى مكان مظلل تتراوح درجة حرارته بين ٢٥، و ٣٠°م وتبلغ رطوبته النسبية ٨٥٪، حيث تبقى فيه لمدة ٧–١٠ أيام حسب درجة الحرارة. يكون وضع الجذور فى أقفاص بلاستيكية كبيرة. أو تترك سائبة على أرفف فى طبقات لا يزيد سمكها عن ٥٠–٧٥سم.

ويفيد العلاج لمدة أسبوع على ٣٠°م و ٨٥٪ رطوبة نسبية فى زيادة التصاق طبقة البشرة وتقليل احتمالات تسلخ الجذور ويحافظ تخزين الجذور بعد ذلك على ١٥°م مع ٨٥٪ رطوبة نسبية على استمرار التصاق البشرة بصورة جيدة (Blankenship & Boyette ٢٠٠٢)

وإذا كانت حرارة الجذور منخفضة نسبيًا وقت حصادها فإنه يفضل البدء بعلاج الجذور على حرارة ٢١°م لكى لا تتكثف عليها رطوبة حرة، على أن ترفع الحرارة إلى ٢٩°م بمجرد ارتفاع حرارة الجذور

ويلاحظ أن فترة العلاج تطول بدرجة كبيرة مع انخفاض درجة الحرارة، فبينما لا تستغرق أكثر من ٤–٧ أيام على حرارة ٢٩°م . فإنها قد تستغرق ٤ أسابيع إذا أجريت فى حرارة ٢٤°م، ويزداد معها الفقد فى الوزن، وقد تظهر نموات جديدة بالجذور ولا تحدث أية معالجة فى حرارة ٢٣°م أو أقل. وتعمل درجات الحرارة المرتفعة على سرعة تكوين فلين الجروح

تعمل الرطوبة النسبية المرتفعة على سرعة تكوين فلين الجروح، وتؤدى محاولة علاج البطاطا فى رطوبة نسبية منخفضة إلى فقدها لجزء كبير من رطوبتها مع عدم التئام الجروح بصورة جيدة. لذا .. يجب أن تكون الرطوبة النسبية عالية قدر الإمكان، ويفضل أن تتراوح بين ٩٠٪، و ٩٥٪، وعلى ألاّ ترتفع إلى الحد الذى يؤدى إلى تكثف الرطوبة على الجدران، والأرضيات، والعبوات، أو على الجذور ذاتها؛ لأن ذلك يزيد من احتمالات إصابتها بالأعفان.

وتعد التهوية ضرورية أثناء العلاج للتخلص من ثانى أكسيد الكربون المتراكم بالتنفس وتجديد الأكسجين المستهلك، ومنع تكثف الرطوبة، علمًا بأن كل طن من الجذور يستهلك يوميًا حوالى ٦٣ لترًا من الأكسجين، كما تطلق الجذور كمية مماثلة من ثانى أكسيد الكربون (عن Kays ٢٠٠٤).

يؤدى عدم إجراء عملية المعالجة بشكل جيد أو إجراؤها لفترة أطول عما ينبغى إلى تقصير فترة صلاحية الجذور للتخزين، وزيادة التزريع أثناء التخزين، وكثرة الفقد فى الوزن، علمًا بأن الفقد الطبيعى فى الوزن أثناء المعالجة يكون فى حدود ٥٪–٨٪

ويؤدى عدم إجراء التهوية بشكل مناسب أثناء المعالجة إلى نقص الأكسجين بشدة، مما يقلل من فاعلية عملية المعالجة ذاتها، وتقصير فترة صلاحية الجذور للتخزين، وتغير طعمها

وتؤدى زيادة فترة المعالجة إلى تزريع الجذور بكثافة؛ الأمر الذى يتطلب عدم زيادة مدتها عن ٣–٥ أيام، مع سرعة تبريد الجذور إلى ١٣°م بأسرع ما يمكن (Edmunds وآخرون ٢٠٠٨)

ويساعد علاج جذور البطاطا فى أقفاص الحصاد البلاستيكية الكبيرة فى سهولة نقلها باستعمال الرافعات الشوكية على باليتات من حجرات المعالجة إلى المخازن

وللتأكد من أن عملية العلاج قد اكتملت بالفعل .. يجرى اختبار حك جذرين ببعضهما، فإذا انسلخ الجلد بسهولة .. كان ذلك دليلاً على أن العلاج لم يستكمل بعد

التغيرات المصاحبة للعلاج

تفقد جذور البطاطا حوالى ٢٪–٥٪ من وزنها خلال عملية العلاج. ويرجع معظم الفقد فى الوزن إلى فقدان الرطوبة، بينما ترجع نسبة قليلة من الفقد إلى تنفس الجذور وليس من المستبعد مشاهدة نموات يقل طولها عن السنتيمتر تخرج من بعض الجذور قرب نهاية عملية العلاج، ولكن يجب إيقاف العلاج قبل استفحال تلك الظاهرة

وتؤدى زيادة فترة العلاج أو ارتفاع درجة الحرارة عن الحدود الموصى بها إلى ذبول الجذور وخفض قدرتها التخزينية وميلها إلى تكوين نموات جديدة بكثرة ويفقد أثناء التخزين جزءًا من المادة الجافة بينما تحدث زيادة فى السكريات

ومن أهم التغيرات التى تحدث فى الجذور أثناء العلاج . هى تحول جزء من النشا إلى سكر بصورة تدريجية

أهمية العلاج

تفتقر جذور البطاطا غير المعالجة للمظهر الجذاب والطعم الجيد، والقدرة على التخزين

ويعد العلاج ضروريًا لسرعة التئام الجروح التى تحدث بالجذور أثناء الحصاد والتداول، ولزيادة صلابة القشرة. وتقليل فرصة التعرض للإصابة بالكائنات المرضة، وزيادة المقاومة للتجريح أثناء عمليات التداول التالية

وأول ما يشاهد خلال عملية التئام الجروح هو جفاف عدة طبقات من الخلايا البرانشيمية الخارجية المعرضة للهواء، ثم سوبرة الخلايا البرانشيمية التى تقع تحتها، ويلى ذلك تكوين بيريدوم الجروح تحت الخلايا البرانشيمية التى ترسب فى جدرها السيوبرين ويعتبر التئام الجروح تامًا حينما يصبح بيريدرم الجروح بسمك ٣–٧ طبقات من الخلايا

وقد أظهرت الدراسات التى أجريت على مكونات طبقة البيريدرم فى جذور البطاطا

أنها تثبط نمو عديد من الفطريات، مثل *Fusarium oxysporum* f. *batatas*، و *F. solani*، و *Rhizopus stolonifer*، وبذا فإنها قد توفر حماية للجذور من الإصابة بفطريات التربة (Harrison وآخرون ٢٠٠١)

التفريغ والغسيل والفرز والتدريج والتحجيم

يتضمن تداول البطاطا بعد الحصاد الخطوات التالية:

١- التخلص من التربة العالقة بالجذور بإسقاط الجذور بحرص فى حوض مملوء بالماء dump tank، حيث تنقل الجذور منه — فوق سلسلة من أنابيب الـ PVC — إلى مكان التدريج حيث يقف القائمون بالتدريج على الجانبين أثناء تحرك الجذور، ويقومون بفصل الجذور حسب الحجم، والشكل، والعيوب .. إلخ وتتعرض الجذور — عادة — إلى رش قوى بالماء المضاف إليه الكلور قبل تدريجها

يتعين تغيير الماء في حوض الغسيل على فترات متقاربة نظرًا لسرعة تجمع التراب وبقايا النبتات فيه يجب أن يحتوى الماء على الكلور بتركيز ١٥٠ جزء فى المليون وعلى المبيد بوتران Botran (وهو 2,6-dinitroaniline) بمعدل ٠,٦٥ كجم من المبيد (٥٠٪ مسحوق قابل للبلل) لكل ٣٨٠ لترًا من الماء وللحصول على أفضل معاملة يكون الرش تحت ضغط ٤٠-٥٠ رطلاً/بوصة مربعة (٢,٨-٣,٥ كجم/سم^{٢})

ونظرًا لأن كلا من خزانات التفريغ والغسيل يمكن أن يستهلكا عدة أمتار مكعبة من الماء كل ساعة، لذا يجب التفكير في كل من مصدر الماء الذى يتعين توفره، وكيفية التخلص منه، وإمكانيات ترشيحه وإعادة استخدامه.

هذا .. ولتوقيت عملية الغسيل أهمية قصوى؛ فيوصى بغسيل جذور البطاطا المعدة للتصدير أو للتسويق فى محلات السوبر ماركت، ولكن يتعين إجراء الغسيل قبل التصدير أو التسويق مباشرة؛ فيكون إما بعد العلاج مباشرة فى حالة عدم الرغبة فى تخزين المحصول، وإما بعد انتهاء فترة التخزين. ولا يوصى أبدًا بغسيل الجذور قبل تخزينها حيث يؤدى ذلك إلى انتشار الإصابة بالأعفان في المخازن

وتنطبق القاعدة ذاتها على التفريغ فى الماء، فلا يجب إجراء تلك الخطوة إلا فى حالة الرغبة فى عدم تخزين المحصول.

٢- استبعاد النفايات من الأجزاء النباتية والجذور الصغيرة جدًا بمرور الجذور على ما يعرف بالـ eliminator الذى يتكون من دحروجات أسطوانية rollers يفصل بينها مسافة ٨ ٣ سم

٣- الفرز والتدريج

يجرى الفرز – لاستبعاد الجذور التالفة وغير الصالحة للتسويق – يدويًا أثناء عملية التدريج التى قد تجرى – هى الأخرى – يدويًا أو قد تجرى آليًا، وقد تؤجل خطوة التدريج إلى أحجام إلى ما بعد خطوة المعاملة بالمبيدات يجب على العاملين ارتداء قفازات لحماية الجذور من التجريح بفعل أظافرهم، وكذلك للحد من تلوثها بمسببات أمراض الإنسان، كما أن القفازات تحمى العاملين من ملامسة المبيدات الفطرية وغيرها من المركبات الكيميائية التى قد تستعمل فى خط التعبئة

يكون فرز المحصول؛ لاستبعاد الجذور الضخمة، والصغيرة جدًا، والمشوهة، والمجروحة، والمصابة بالعفن. وهى التى يمكن استعمالها كعلف للماشية

يجرى الفرز الأولى فى الحقل بعد الحصاد كما أسلفنا، ويجرى فرز آخر إما بعد العلاج مباشرة إذا اتجهت النية إلى تسويق المحصول مباشرة دونما تخزين، وإما بعد التخزين وقبل التسويق، ويجرى الفرز الثانى فى محطة التعبئة

وتدرج الجذور حسب الحجم بصورة ميكانيكية أو إليكترونية، ويكون ذلك فى محطة التعبئة وفى ذات الوقت الذى تجرى فيه عملية الفرز وللتفاصيل المتعلقة برتب وأحجام الجذور الموصى بها للسوق الأوروبية المشتركة . يراجع الموضوع تحت التصدير فى نهاية هذا الفصل

٤- التنظيف

فى مصر تنظف جذور البطاطا المعدة للتصدير من الطين العالق بها – قبل تعبئتها

مباشرة – بحكها باليد أو باستعمال فوطة جافة لهذا الغرض، إلا أن هذا الإجراء لا يخلص الجذور من كل الأتربة العالقة بها، ويوصى – بدلاً من ذلك – بغسيل الجذور بالماء المضاف إليه المطهرات كما سيأتى بيانه

المعاملة بالمطهرات والمبيدات الفطرية

على الرغم من اتخاذ كافة الاحتياطات لمنع تجريح الجذور بعد معالجتها فإنها غالبًا ما تتعرض للخدش والتجريح البسيط الذى تنفذ منه – بسهولة – مسببات الأعفان، مثل الفطر *Rhizopus stolonifer*، لذا فإن من الضرورى معاملة الجذور بالمطهرات الفطرية المسموح بها

وكما أسلفنا فإن عملية التطهير تجرى مع الغسيل، أى إن المطهرات تضاف إلى ماء الغسيل. ولكن نظرًا لأن ماء الغسيل الأولى سريعًا ما يصبح محملاً بالتربة والمواد التى كانت ملتصقة أو مختلطة بالجذور، مما يتطلب تغييره على فترات متقاربة، لذا . يتعين تأجيل استعمال المطهرات إلى المرحلة النهائية من الغسيل التى لا يلزم تجديد الماء المستعمل فيها على فترات متقاربة.

وتجرى المعاملة بالمبيدات الفطرية إما عن طريق غمر الجذور فى محلول المبيد، وإما برشها بمحلول المبيد منفردًا أو فى محلول شمعى.

ومن أهم المركبات التى استخدمت فى مكافحة الأعفان الفطرية فى البطاطا، ما يلى:

١– البوراكس بتركيز ١ ٠–١٪

٢– مركب SOPP (وهو: sodium-o-phenylphenate) بتركيز ٠,٦٪ (Kushman وآخرون ١٩٦٤)

٣– حامض باراستيك paracetic acid.

٤– داى كلوران dicloran.

٥– مركب TBZ (وهو: thiabendazole) بتركيز ٠,٤٪ (Salunkhe & Desai ١٩٨٤)

٦– يوصى لأجل التصدير باستعمال البوتران Botran (وهو 2.6-dicloro-4-nitroaniline)

كما يضاف الكلور إلى ماء الغسيل بتركيز ١٥٠ جزءًا فى المليون لأجل الحماية من الإصابة بالأعفان التى تسببها البكتيريا

وإلى جانب استعمال المطهرات مع ماء الغسيل (الأمر الذى يجرى قبل التسويق مباشرة وبعد التخزين إن كان هناك تخزين)، فإن معاملات مكافحة الأعفان يمكن أن تجرى – بوسائل أخرى – أثناء العلاج أو التخزين، كما يتبين مما يلى

أمكن تخزين البطاطا من صنف جورجيا جت Georgia Jet لمدة خمسة شهور بتطهيرها سطحيًّا بالإبروديون iprodione مع العلاج وفى نهاية فترة التخزين كانت نسبة الجذور الكلية المتعفنة ١٤٪، كانت ٩٪ منها عفنًا طريًّا، و ٥٪ عفنًا جافًا هذا بينما بلغت نسبة الإصابة بالأعفان ٦١٪ عند إجراء العلاج فقط، و ٦٠٪ عند المعاملة بالإبروديون فقط، و ١٠٠ فى الكنترول وكانت أفضل طريقة للمعاملة هى بإضافة المبيد على صورة ضباب يقل فيه قطر الجزئيات عن ١٠ ميكرونات (Afek وآخرون ١٩٩٨)

أدت معاملة جذور البطاطا المجروحة بالأشعة فوق البنفسجية C (أو UV-C) – بجرعة مقدارها ٣.٦ كيلو جول/م^2 (kJ/m^2) – إلى الحد بشدة من الإصابة بعفن الجذور الفيوزارى الذى يسببه الفطر *Fusarium solani*، حيث انخفضت فيها نسبة الجذور المصابة، وانخفض بها معدل تقدم الإصابة فى مواقع الإصابة. وذلك مقارنة بالإصابة فى الجذور التى لم تُعرض للأشعة وقد توافقت تلك المقاومة المكتسبة للفطر من جراء المعاملة بالأشعة فوق البنفسجية بزيادة كبيرة فى نشاط الإنزيم Phenylalanine ammonia lyase (Stevens وآخرون ١٩٩٩)

التعبئة والعبوات

يراعى عند التعبئة ملء العبوات جيدًا، لأن حركة الجذور فى العبوة أثناء النقل تؤدى إلى تجريحها، كما تبدو العبوة ناقصة عند وصولها إلى الأسواق

يفضل بالنسبة للمنتج الكبير تعبئة وتداول البطاطا – من الحصاد حتى انتهاء التخزين – فى صناديق خشبية كبيرة تتسع لطن من الجذور مع تداول تلك الصناديق وتحريكها آليًا على باليتات وباستعمال الرافعات الشوكية

وتستعمل فى مصر صناديق بلاستيكية كبيرة لنقل، وعلاج، وتداول، وتخزين البطاطا، تبلغ أبعاد الصناديق ٤٠ سم × ٦٠ سم بعمق ١٨ سم، وتبلغ سعتها ١٨–٢٠ كجم وتلك هى أفضل العبوات للأغراض التى ذكرناها، وذلك لسهولة تنظيفها وإمكان وضعها فى عدة طبقات دون تعريض الجذور لثقل زائد

وعند إعادة استخدام الأقفاص البلاستيكية يتعين معاملتها بالبخار على حرارة ٥٠°م لمدة ٦ ساعات لتقليل تلوثها بالفطريات المسببة للعفن الأسود والقشف وغيرها من الكائنات المسببة للأعفان.

كذلك تستعمل فى مصر عبوات من أجولة الجوت أو أجولة شبكية سعة ٢٠–٢٥ كجم. ولكنها تكون أقل كفاءة من الصناديق البلاستيكية التى يمكن تثبيتها فوق بعضها البعض لارتفاع ٣ أمتار دونما توقع حدوث أى أضرار بالجذور مثلما يحدث عند وضع الأجولة فوق بعضها البعض أو تحريكها من مكانها أما عبوات التسويق فإنها تكون شبكية صغيرة سعة ٢–١٠ كجم

وتعد التعبئة فى الكراتين ضرورية لأجل التصدير وقد تجرى هذه العملية يدويًا أو آليًا

وتفيد تعبئة جذور البطاطا فى عبوات المستهلك التى تصنع من مختلف أنواع الأغشية البلاستيكية فى تسهيل عملية التسويق، ولكن الجذور لا تعبأ أبدًا فى الأغشية إلا بعد فترة التخزين، وقبل التسويق مباشرة، هذا مع العلم بأن فترة احتفاظ الجذور المغسولة والمعاملة بالمبيد الفطرى بجودتها – قبل تعرضها للتلف – لا تزيد عن ٢–٣ أسابيع عند تعبئتها فى الأغشية ويقل كثيرًا الفقد فى وزن الجذور أثناء التخزين عند تعبئتها فى أكياس بلاستيكية مثقبة عما يكون عليه الحال عند تعبئتها فى أوعية

شبكية ويعد تثقيب الأغشية (مالا يقل عن ٣٢ ثقب بقطر ٣ ملليمترات بكل عبوة سعة ٥ ١–٢ ٥ كجم من الجذور) ضروريًا لخفض الرطوبة النسبية وتجنب التنبيت الكثيف ونمو الجذور الشعرية

معاملات منع التزريع

من بين المعاملات التى تجرى لتقليل تبرعم الجذور بعد الحصاد، ما يلى

١– رش النموات الخضرية قبل الحصاد بالماليك هيدرازيد

٢– معاملة الجذور ثلاث مرات أثناء التخزين بأيروسول لمنظم النمو CIPC، بمعدل حوالى ١٢ جم من المادة لكل ١٠٠ كجم من الجذور فى كل مرة وقد أعطت هذه المعاملة نتائج جيدة حتى مع التخزين فى حرارة ٢١–٢٧°م (Kushman ١٩٦٩)

٣– معاملة الجذور بعد الحصاد بالميثيل إسترلنفثالين حامض الخليك methyl ester of naphthalene-acetic acid (اختصارًا MENA) فى الأسيتون

٤– معاملة الجذور بالثيوريا بتركيز ٠,٥–٤,٠٪ لمدة ٢–١٢ ساعة، إلا أن تلك المعاملة تؤدى — كذلك — إلى زيادة معدل تنفس الجذور (عن Onwueme ١٩٧٨)

٥– المعاملة بالماء الساخن.

أدت معاملة جذور البطاطا بالماء الساخن على ٥٠°م قبل تخزينها لمدة عام إلى تثبيط تزريعها وتعفنها جوهريًا خلال فترة التخزين، ولم تكن للمعاملة أى تأثيرات على صفات الجودة الداخلية للجذور، بينما لم تُستبعد سوى ٤٪ من الجذور خلال مدة التخزين بسبب الأعفان وقد وفرت المعاملة الحرارية جرعة قاتلة لمسببات الأمراض السطحية، كما أتلفت البراعم دون التأثير على خصائص جودة الجذور (Hu & Tanaka ٢٠٠٦)

التخزين

يتطلب تخزين الجذور لأطول فترة ممكنة أن تكون تامة النضج، وخالية من الجروح والخدوش، وخالية من الإصابة بالأعفان، ومعالجة جيدًا، وأن تبقى — بصفة دائمة — فى درجة الحرارة والرطوبة النسبية التى يوصى بها

طرق التخزين

طرق التخزين التقليدية

تخزن البطاطا فى مصر بإحدى طريقتين:

١- ترك الجذور بدون حصاد:

يمكن تخزين الجذور بهذه الطريقة لمدة ١-٣ شهور ويشترط لنجاحها أن تكون المنطقة جافة وخالية من الأمطار، وألا تروى الأرض خلال فترة التخزين ويعاب عليها شغل الأرض لمدة ثلاثة شهور، واحتمال إصابة الجذور بالحشرات وهى فى الأرض.

٢- التخزين تحت وقايات خاصة لحمايتها من الشمس:

يمكن تخزين الجذور بهذه الطريقة لمدة تتراوح من شهر إلى شهر ونصف. توضع الجذور تحت مظلات فى أكوام لا يزيد ارتفاعها عن متر ويفضل لنجاحها أن تجرى فى مناطق لا تنخفض فيها درجة الحرارة عن ١٠°م، وتكون رطوبتها النسبية مرتفعة نوعًا (مرسى وآخرون ١٩٦٠).

ونظرًا لأن الطرق التقليدية لا تناسب تخزين البطاطا لفترات طويلة؛ لذا يوصى بقصر اتباعها على الحالات التى يسوق فيها المحصول محليًا فى خلال أسابيع قليلة من الحصاد. أما استمرار تصدير البطاطا وتسويقها بأسعار مجزية فى غير موسمها، فإنه يتطلب تخزينها تحت ظروف جيدة لفترات يمكن أن تصل إلى تسعة شهور.

طرق التخزين الحديثة والظروف المثلى للتخزين

يتطلب تخزين البطاطا لفترات طويلة — مع استمرار المحافظة على جودتها — أن يجرى فى مخازن خاصة يمكن التحكم فى حرارتها ورطوبتها، وأن تتوفر فيها مجموعة من الشروط، كما يلى

١- جودة التهوية

يجب أن تكون تهوية مخازن البطاطا بمعدل ١١٢٥ لترًا/دقيقة لكل طن من الدرنات المخزنة فى الظروف الحرارية المثلى للتخزين (Kays ٢٠٠٤).

٢- النظافة

٣- إحكام الغلق.

٤- سهولة تطهيرها من آن لآخر.

٥- أن تكون مزودة بأرفف.

٦- أن تكون قريبة من مناطق الإنتاج والتسويق.

تجب إزالة البطاطا القديمة من المخازن بصورة دائمة لأنها تكون أكثر عرضة للإصابة بالأعفان ومصدرًا متجددًا لها، وكذلك التخلص من أى قمامة قد توجد بالمخازن ويتم تطهير أرضية المخزن وجدرانه وعبوات البطاطا ... إلخ بإحدى طريقتين، كما يلى

١- الرش بكبريتات النحاس بتركيز ٠,٥٪

٢- التدخين بغاز الفورمالدهايد أو بالكلوروبكرن مع إحكام غلق المخزن مدة المعاملة

وفى هذه المخازن تخزن جذور البطاطا المعالجة جيدًا – ودون غسيل أو تطهير – فى حرارة ١٤ ± ١°م مع رطوبة نسبية ٩٠٪-٩٥٪؛ حيث تتحمل معظم أصناف البطاطا التخزين لمدة تتراوح بين أربعة، وسبعة شهور وفى إحدى الدراسات أمكن تخزين جذور البطاطا المعالجة لمدة عام كامل على حرارة ١٥ ٦°م ورطوبة نسبية ٩٠٪ دون أن تتعرض للتنبيت كان معدل التنفس أعلى ما يمكن يوم الحصاد. وانخفض أثناء العلاج، واستمر فى الانخفاض بمعدل أقل خلال الشهور العديدة من التخزين، ثم ظل ثابتًا بعد ذلك وقد ساهم التنفس بقدر أكبر فى الفقد فى الوزن خلال الفترة الأخيرة من التخزين عما كان عليه الحال خلال فترة العلاج أو خلال الشهور الأولى من التخزين هذا .. إلا أن معظم الفقد فى الوزن كان مردة إلى الفقد الرطوبى. وحدث أكبر فقد فى الوزن خلال فترة العلاج واستمر بمعدل أقل خلال التخزين وتراوح الفقد الكلى فى وزن الجذور المعالجة بعد ٥٠ أسبوعًا من التخزين بين ٦,٧٪ فى الصنف Rojo Blanco و ١٦,١٪ فى الصنف Travis (Picha ١٩٨٦)

ويؤدى تخزين الجذور فى حرارة تزيد عن ١٦°م إلى ظهور الأضرار التالية:

١- تبرعم الجذور خاصة فى الرطوبة العالية، وتزداد سرعة التبرعم – الذى يكون

مصاحبًا بزيادة فى معدل التنفس وفى الفقد فى الوزن – بزيادة الارتفاع فى درجة الحرارة

٢– تجوف الجذور، فتصبح لبية pithy نتيجة زيادة اتساع المسافات بين الخلايا فى المركز، وهى ظاهرة تحدث – كذلك – عند زيادة فترة العلاج عما ينبغى لها.

٣– تظهر مناطق فلينية داخلية على صورة بقع كثيرة متشابكة، يحدثها فيرس يكمن فى الجذور المصابة، ولا تظهر أعراضه إلا عند تخزين الجذور فى حرارة مرتفعة (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

هذا . ولا تجب زيادة الرطوبة النسبية عن ٩٥٪ لتجنب تغيرات اللون السطحية التى قد تطرأ على الجذور فى هذه الظروف التى يزداد فيها كذلك احتمالات إصابتها بالفطريات السطحية. وفى ٩٠٪–٩٥٪ رطوبة نسبية تفقد الجذور حوالى ٠,٥–١,٥٪ من وزنها شهريًا، ويزداد هذا الفقد إلى الضعف عند انخفاض الرطوبة النسبية إلى ٥٠٪–٦٠٪.

هذا ولا غنى عن تهوية جيدة فى مخازن البطاطا، وبمعدلات تسمح بتجديد هواء المخزن كاملاً كل حوالى ساعتين وذلك لمنع تراكم ثانى أكسيد الكربون ولتجديد الأكسجين كما يجب – لأجل زيادة كفاءة التهوية – وضع العبوات بحيث تبعد عن أرضية المخزن وجدرانه بحوالى ١٠–١٥ سم.

وقد أظهرت الدراسات أن تخزين جذور البطاطا فى ٣٪ ثانى أكسيد كربون، و ٧٪ أكسجين كان أفضل من التخزين فى الهواء العادى من حيث تقليل تلك الظروف للفقد فى وزن الجذور وإصابتها بالأعفان وتؤدى زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون عن ٥٠٪ أو نقص الأكسجين عن ٧٪ إلى تكون طعم كحولى غير مرغوب فيه بالجذور وعمومًا .. فإنه لا يوصى حاليًا بتخزين البطاطا فى جو معدل أو متحكم فى مكوناته.

ولا يمكن لجذور البطاطا تحمل التخزين لفترات طويلة فى أى من الحالات التالية:

١– عند سبق تعرضها لرطوبة أرضية عالية جدًا قبل حصادها مباشرة.

٢– عند تعرضها لحرارة ١٠°م أو أقل من ذلك لمدة أسبوع أو أكثر قبل الحصاد أو بعده.

٣– إذا تأخر علاجها لمدة يومين أو أكثر بعد الحصاد.

الظواهر والتغيرات المصاحبة للتخزين

نتناول بالشرح – فيما يلى – الظواهر والتغيرات التى تطرأ على بعض الخصائص الفيزيائية والفسيولوجية للجذور أثناء التخزين، ولمزيد من التفاصيل حول هذا الموضوع . يمكن الرجوع إلى Uritani (١٩٨٢).

التنفس

يزداد معدل التنفس بشدة بعد الحصاد مباشرة، ثم ينخفض أثناء العلاج وخلال الشهور الأولى من التخزين. وقد أوضحت دراسات Ravi (١٩٩٧) أن معدل التنفس يكون أعلى فى الجذور المخدوشة عما فى المقطوعة حتى عمق ٢–٣ سم.

ويبلغ معدل تنفس جذور البطاطا المالجة ١٠–١٢ ملليلتر ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة على ١٥°م

إنتاج الإثيلين وأضراره

يقل إنتاج جذور البطاطا من الإثيلين عن ٠،١ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٢٠°م

ويستدل من دراسات Amand & Randle (١٩٨٩) أن الإثيلين يلعب دورًا في عملية اللجننة وتكوين البيريدرم في جذور البطاطا المجروحة

ويزداد معدل إنتاج الإثيلين بشدة فى جذور البطاطا المصابة بالفطر *Ceratosystis fimbriata* مسبب مرض العفن الأسود (Okumura وآخرون ١٩٩٩)، ولدى تعرضها لأضرار البرودة أو التجريح.

ويجب عدم تعريض جذور البطاطا للإثيلين أثناء تخزينها وتداولها بتركيز يزيد عن

جزء واحد فى المليون. ذلك لأنه يحفز نشاط إنزيم الألفا أميليز وتمثيل المركبات الفينولية، والإنزيمات المؤكسدة للفينولات التى تزيد من التغيرات اللونية بالجذور. كما يتأثر طعم ولون البطاطا سلبيًا بعد طهيها ولذا يراعى عدم تخزين البطاطا مع الخضر والفاكهة المنتجة للإثيلين، مثل الموز، والمانجو، والكنتالوب (عن Cantwell & Suslow ٢٠٠٧). هذا .. إلاّ أن التهوية العادية التى ينبغى أن تتوفر فى مخازن البطاطا لا تسمح بتراكم الإثيلين إلى المستويات التى يمكن أن تحدث معها تلك الأضرار (Afek & Kays ٢٠٠٤).

النقص فى الوزن

يرجع معظم النقص فى وزن الجذور أثناء التخزين (جدول ٢-١) إلى الفقد الرطوبى، ويبلغ النقص فى الوزن نحو ٢٪-٦٪ أثناء فترة العلاج، ثم حوالى ٢٪ شهريًا بعد ذلك أثناء التخزين ويزيد الفقد الرطوبى بارتفاع درجة حرارة التخزين. وعند نقص الرطوبة النسبية فى المخزن، وفى حالة عدم اكتمال عملية العلاج قبل التخزين. هذا .. ويمكن أن تفقد الجذور ١٠٪ من وزنها الطازج قبل أن تظهر عليها أعراض الذبول

جدول (٢-١): النسبة المئوية للفقد فى وزن جذور أربعة أصناف من البطاطا خلال العلاج والتخزين لفترات مختلفة.

الفترة	الفقد الكلى فى الوزن (٪) فى أصناف			
	Travis	Centennial	Jaspar	Jewel
العلاج [أ]	٣,٣	٢,٥	٢,٤	٢,١
التخزين [ب]				
٤ أسابيع	٥,١	٣,٨	٣,٩	٣,٤
١٠ أسابيع	٨,٠	٦,٠	٦,١	٥,٤
٣٠ أسبوع	١١,٥	٩,٤	٨,٨	٧,٧
٤٦ أسبوع	١٥,٢	١٢,١	١١,٣	٩,٤

[أ] أجرى العلاج لمدة ١٠ أيام على حرارة ٣٢°م ورطوبة نسبة ٩٠٪

[ب] أجرى التخزين على ١٥,٦°م ورطوبة نسبية ٩٠٪

وإلى جانب الفقد الرطوبي .. فإن نسبة من الفقد في الوزن تحدث نتيجة ما يلي:

١– فقدان المادة الجافة؛ نتيجة للتنفس الذي يزداد معدله بارتفاع درجة الحرارة

٢– تنبيت (تزريع) الجذور، وهو يزداد عند ارتفاع درجة الحرارة عن ١٨°م.

٣– الإصابة بالأعفان، وتكون الإصابة أقل ما يمكن في حرارة ١٣°م، وهي الدرجة المناسبة للتخزين.

المحتوى الكيميائي

النشا والسكريات

يزداد محتوى الجذور من السكروز، والسكريات الكلية أثناء فترتي العلاج والتخزين، فبينما تكون نسبة السكريات حوالي ٣٪ عند الحصاد . فإنها تزيد بسرعة كبيرة أثناء فترة العلاج، ثم تستمر زيادتها ببطء أثناء التخزين، إلى أن تصل إلى حوالي ٦٪ بعد ثلاثة شهور من التخزين في حرارة ١٥°م، ولكن تختلف الأصناف كثيرًا في تلك الخاصية وتقل سرعة التحول من النشا إلى سكر، مع ارتفاع درجة الحرارة ما بين ٤، و ٣٠°م

يشكل السكروز — وحده — حوالي ٦٥٪ من السكريات الكلية، على الرغم من استمرار زيادة تركيز الجلوكوز والفراكتوز بعد العلاج وأثناء التخزين

وتؤدي تلك الزيادة في تركيز السكريات إلى زيادة حلاوة الجذور، وزيادة طراوتها عند الأكل.

ويقابل ذلك انخفاض تركيز النشا في جذور البطاطا — تدريجيًا — أثناء العلاج، ويستمر ذلك لمدة حوالي خمسة شهور أثناء التخزين

وبينما يتكون حوالي ٧٥٪ من النشا من الأميلوبكتين عند الحصاد، فإن تلك النسبة تزداد إلى ٨٠٪ – مع ٢٠٪ أميلوز – بعد العلاج.

ولا توجد سوى نسبة بسيطة من الدكسترينات dextrins بالجذور عند الحصاد. ولكن نسبتها تزداد أثناء المعالجة

وقد درس Picha (١٩٨٦) التغيرات التى تحدث — فى محتوى جذور ستة أصناف من البطاطا — فى المواد الكربوهيدراتية بعد العلاج لمدة ١٠ أيام على ٣٢°م و ٩٠٪ رطوبة نسبية وأثناء التخزين لمدة ٤٦ أسبوعًا على ١٥,٦°م و ٩٠٪ رطوبة نسبية. ووجد ما يلى:

١- ازداد السكروز — وهو السكر الرئيسى فى البطاطا الطازجة — ازداد بشدة أثناء العلاج واستمر فى الزيادة فى أربعة أصناف ذات جذور برتقالية اللون داخليًا على امتدد فترة التخزين، بينما انخفض تركيز السكروز بعد العلاج فى صنفين من ذوات الجذور البيضاء داخليًا، ثم ازداد فيهما بعد ١٤ أسبوعًا من التخزين.

٢- كان تركيز الجلوكوز أعلى قليلاً عن تركيز الفراكتوز فى جميع الأصناف فيما عدا الصنف سنتينيال Centennial الذى تساوى فيه تركيز الجلوكوز والفراكتوز.

وأوضحت دراسات Huang وآخرون (١٩٩٩) حدوث زيادة كبيرة فى نشاط الإنزيم انفرتيز invertase (وهو <beta>-fructofuranosidase) وفى تركيز السكريات المختزلة فى الجذور التى خزنت لمدة ٧ أسابيع على ٤,٥°م، وذلك مقارنة بالحالة فى تلك التى خزنت على ١٥,٦، أو ٢٤°م وكان الإنزيم acid invertase أكثر الإنزيمات أهمية فى التأثير على مستوى السكريات المختزلة فى جذور البطاطا المخزنة

وبينما كانت السكريات الرئيسية فى جذور البطاطا الطازجة هى السكروز، والجلوكوز، والفراكتوز، فإن السكريات الرئيسية فى الجذور المشوية فى الفرن كانت المالتوز، والسكروز، والجلوكوز، والفراكتوز (Picha ١٩٨٥)

هذا .. وتنخفض نسبة المادة الجافة فى الجذور خلال فترات التخزين الطويلة، حيث يفقد النشا فى التنفس.

وقد أظهرت معظم أصناف البطاطا نقصًا بسيطًا فى محتوى النشا خلال ١٨٠ يومًا من التخزين باستثناء الصنف Hi-dry الذى كان النقص فى النشا فيه كبيرًا. وقد ازداد نشاط الألفا أميليز alpha-amylase خلال الشهرين الأول والثانى من التخزين، ثم نقص فى

النشاط إلى أن وصل إلى المستوى الذى كان عليه عند الحصاد، وكان الانخفاض فى محتوى النشا مرتبطًا بنشاط الألفا أميليز خلال الستين يومًا الأولى من التخزين أما الجلوكوز والسكروز فقد ازداد تركيزهما خلال الفترة الأولى من التخزين، ثم بقيا ثابتين بعد ذلك (Zhang وآخرون ٢٠٠٢).

المواد البكتينية والصلابة

ينخفض محتوى الجذور من المواد البكتينية، كما تنخفض صلابتها بنسبة قد تصل إلى ٤٠٪ خلال الستة شهور الأولى من التخزين وبينما ينخفض تركيز البروتوبكتين ويزداد تركيز البكتينات الذائبة أثناء العلاج، فإن العكس يحدث أثناء التخزين

اللون والصبغات الكاروتينية

يزداد تركيز اللون والصبغات الكاروتينية أثناء العلاج وخلال الفترة القصيرة الأولى من التخزين

حامض الأسكوربيك

ينخفض تركيز حامض الأسكوربيك فى جذور البطاطا خلال العلاج ولتخزين (عن Afek & Kays ٢٠٠٤)

المركبات الفينولية ومضادات الأكسدة إجمالاً

أدى تخزين جذور البطاطا على ٥°م إلى زيادة محتواها معنويًا من كل من المركبات الفينولية والنشاط المضاد للأكسدة خلال الأسبوعين الأول والثانى من التخزين فى كل من الجذور التى كانت قد عولجت بعد الحصاد وتلك التى لم تعالج، واستمرت تلك الزيادة بعد ذلك فى الجذور التى لم تعالج فقط، وأحدث تعريض الجذور التى لم تعالج لحرارة ٢٢°م لمدة ٣ أيام بعد ٤ أسابيع من التخزين على ٥°م زيادة معنوية أخرى فى النشاط المضاد للأكسدة، علمًا بأن أضرار البرودة ظهرت على الجذور بعد ٣ أسابيع من التخزين البارد، وخاصة فى تلك التى لم تعالج (Padda & Picha ٢٠٠٧).

أضرار البرودة

تصاب جذور البطاطا بأضرار البرودة chilling injury إذا تعرضت لحرارة تقل عن ١٢°م، وهى الدرجة التى يمكن أن تتعرض لها شتاءً وهى مازالت فى التربة قبل الحصاد، أو أثناء الحصاد والتداول والتخزين فى المخازن العادية غير المتحكم فى حرارتها

وتظهر أعراض أضرار البرودة على الجذور فى غضون أسبوع واحد فى ٤°م، وتزيد المدة فى درجات الحرارة الأعلى حتى ١٢°م، وتقصر فى درجات الحرارة الأقل حتى درجة التجمد (حوالى -١,٩°م). وتقل الأضرار فى الجذور التى سبق علاجها جيدًا.

ومن أهم أعراض أضرار البرودة، ما يلى

١- ذبول وتغضن الجذور.

٢- ظهور النقر السطحية.

٣- تكوين بيريدرم الجروح بصورة غير طبيعية.

٤- الإصابة بالأعفان الفطرية

٥- حدوث تحلل وتلون بنى بالأنسجة الداخلية التى تصبح — كذلك — لبية (مخوخة) pithy ويرتبط ذلك بتمثيل حامض الكلوروجنك chlorogenic acid والمركبات الفينولية

٦- فقدان خصائص الجودة الأكلية للبطاطا المشوية بظهور طعم غير مقبول بها، مع صلابة قلبها.

تتوقف شدة الإصابة بأضرار البرودة على شدة الانخفاض فى درجة الحرارة عن ١٢°م ومدة التعرض للحرارة المنخفضة ولا تظهر أضرار البرودة — عادة — إلا بعد إعادة الجذور للحرارة العالية

وتتباين أصناف البطاطا قليلاً فى شدة حساسيتها لأضرار البرودة، كما تزداد الحساسية فى الجذور غير المعالجة عما فى الجذور المعالجة (جدول (٢-٢).

ولقد ظهرت أعراض البرودة الخارجية — المتمثلة فى النقر السطحية ثم الإصابة الفطرية — فى جذور ستة أصناف من البطاطا بعد تعرضها لحرارة ٧°م لمدة أسبوعين أو

أكثر من ذلك ثم تخزينها على ١٥،٦ °م وظهرت أعراض أضرار البرودة داخليًا – وخاصة زيادة دكنة لون الحزم الوعائية – فى جذور البطاطا غير المعاملة من الصنفين هوايت ستار Whitestar ، وروجو بلانكو Rojo Blanco بعد تعرضها لحرارة ٧ °م لمدة ثلاثة أسابيع وفى الصنف سنتينيال Centennial بعد تعرضها لتلك الدرجة لمدة ٤ أسابيع قبل تخزينها على ١٥،٦ °م. وكان جول Jewel أكثر الأصناف تحملاً للحرارة المنخفضة وقد ازدادت أضرار البرودة ومعدل التنفس بزيادة فترة التعرض لحرارة ٧ °م، وفى الجذور غير المعالجة عما فى الجذور المعالجة (Picha ١٩٨٧)

جدول (٢–٢): نسبة الجذور التى ظهرت عليها أعراض أضرار البرودة فى أربعة أصناف من البطاطا بعد فترات مختلفة من التعرض لحرارة ٧,٢ °م ثم التخزين لفترات مختلفة على ١٥,٦ °م.

المعاملة	الجذور المصابة بأضرار البرودة (٪) فى أصناف[1]			
	Travis	Centennial	Jaspar	Jewel
علاج + أسبوع على ٧,٢ °م + ٤ أسابيع على ١٥,٦ °م	صفر	صفر	صفر	صفر
علاج + ٢ أسبوع على ٧,٢ °م + ٣ أسابيع على ١٥,٦ °م	صفر	١١	١١	٦
علاج + ٣ أسابيع على ٧,٢ °م + ٢ أسبوع على ١٥,٦ °م	٦	٢٥	٢٥	٢٣
علاج + ٤ أسابيع على ٧,٢ °م + أسبوع على ١٥,٦ °م	٧	٣٦	٣٧	٣٨

[1] ظهرت أضرار البرودة على مالا يقل عن ١٠٪ من السطح الخارجي للجذر – فى صورة نقر سطحية أو عفن فطرى – فى جميع الجذور التى صنفت على أنها مصابة بأضرار البرودة.

العيوب الفسيولوجية

من أهم هذه العيوب ما يلى:

١– القلب الصلب

يظهر العيب الفسيولوجى القلب الصلب hardcore بفشل أجزاء من الجذر فى أن تصبح طرية أثناء الطهى ويعتقد بأن تلك الظاهرة تحدث بفعل التعرض للحرارة

المنخفضة على الأغشية الخلوية وعلى الرغم من قابلية جميع الأصناف للإصابة بالقلب الصلب، فإنها تختلف في مدى تلك القابلية. وتعد الجذور غير المعالجة أكثر قابلية للإصابة عن الجذور المعالجة

٢- الفساد والتحلل:

يطلق لفظ الفساد والتحلل souring على الجذور التى تتلف أثناء المعالجة أو التخزين عقب تعرضها — قبل الحصاد — لظروف لاهوائية، تسببها حالة من الرطوبة الأرضية الزائدة قد تبدو الجذور فى بداية الأمر طبيعية المظهر، ولكنها تتحلل سريعًا أثناء التخزين، وتنطلق منها رائحة حامضية متخمرة واضحة وإذا لم يُكتمل تحلل الجذور فإنها تنكمش بشدة خلال ما يتبقى من فترة التخزين، وتكون صفاتها الأكلية رديئة

٣- التحلل الداخلى أو الإسفنجية:

تحدث حالة الإسفنجية pithiness فى جذور تبدو طبيعية المظهر الخارجى، ولكن تقل فيها الكثافة النوعية عن الجذور العادية، وتزداد فيها المسافات الداخلية بين الخلايا إلى أكثر من ١٢٪ وقد أرجعت تلك الحالة إلى حدوث زيادة فى معدل التنفس والفقد الرطوبى، وتتباين الأصناف فى قابليتها للإصابة وعندما تكون ظروف المعالجة والتخزين محفزة للأيض السريع فإنها تزيد من التحلل الداخلى internal breakdown والإسفنجية، حيث تُستهلك المواد الكربوهيدراتية سريعًا كذلك تزداد الظاهرة عند حدوث التبرعم فى المخازن، وعند تعرض الجذور فى التربة — قبل الحصاد — لحرارة منخفضة، مثل ٥-١٠ْم وتختلف الأصناف فى شدة حساسيتها للإصابة بتلك الظاهرة

٤- التشقق:

قد تظهر التشققات على جذور البطاطا أثناء النمو أو التخزين. وتكون الشقوق التى تظهر أثناء التخزين طولية وقريبة من نهاية الجذر، كما تكون — بصورة عامة — أقل عمقًا من تشققات النمو (Afek & Kays ٢٠٠٤، و Kays ٢٠٠٤)

التصدير

تعتبر الولايات المتحدة الأمريكية أكثر الدول المصدرة للبطاطا، ويأتى بعدها فى المرتبة إسرائيل وجنوب أفريقيا، ثم مصر.

ويبلغ إجمالى كميات البطاطا المصدرة من مصر سنويًا حوالى ٤٠٠٠ طن، وهو ما يعادل حوالى ٢٪ من الإنتاج الكلى.

تطلب الأسواق الأوروبية البطاطا على امتداد العام، ويزداد الطلب عليها خلال فصل الشتاء

وبينما يزداد الطلب على استهلاك البطاطا فى الدول الأوروبية فإنها – وعلى خلاف عديد من الحاصلات الأخرى – لا تخضع لأى قيود تتعلق باستيرادها فى دول السوق الأوروبية وتعد المملكة المتحدة سوقًا واعدة، وخاصة بالنسبة للصنف بيوريجارد Beauregard.

ينص القانون المصرى على أنه يجب أن تكون جذور البطاطا المعدة للتصدير من الأصناف المحلية (مبروكة وأبيس) متجانسة، ومنتظمة الشكل، وملساء ونظيفة، وألا يقل قطر الجذر الواحد فى الجزء الأوسط عن ٥سم، وألا يزيد طول الجذر على ١٥ سم، وأن يتراوح وزنه من ١٨٥–٢٢٥ جرام، وأن تكون خالية من العفن الأسود أو العفن الطرى ويسمح بنسبة لا تزيد على ٥٪ بالوزن فى كل عبوة من البطاطا المحتوية على الجذور الجانبية، والنموات الخضراء، وكذا القطوع، والجروح الملتئمة

وعالميًا .. تدرج جذور البطاطا حسب الحجم إلى الفئات التالية:

الفئة ورمزها		مدى الوزن (جم)
صغيرة	S	١٠٠–١٥٠
متوسطة	M	١٥٠–٣٠٠
كبيرة (١)	L1	٣٠٠–٤٥٠
كبيرة (٢)	L2	٤٥٠–٦٠٠
كبيرة جدًا	EL	٦٠٠–٨٠٠
ضخمة	G	٨٠٠–٩٥٠

وأنسب فئة للتصدير هى المتوسطة تليها فئة كبيرة (١).

يتوقف الوزن الصافى المناسب للكراتين التى تعبأ فيها البطاطا على سوق التصدير، ويكون — عادة — ٧ كجم لفرنسا، و ٨ أو ١٠ كجم للمملكة المتحدة، و ٥ كجم للأسواق الخليجية. ويجب أن تكون الكراتين قوية لكى تتحمل الشحن البحرى دون أن تنهار.

ولكى يكون التصدير اقتصاديًّا، فإنه يتعين أن يكون الشحن بطريق البحر.

البطاطا المجهزة للمستهلك

لم يظهر أى تلون بنى بالبطاطا المجهزة للمستهلك fresh-cut (مبشورة أو أصابع أو شرائح). كما لم يظهر أى طعم غير مرغوب فيه بعد ٨ أيام من التخزين على ٥°م (Padda & Picha ٢٠٠٨).



الفصل الثالث

الخضر الدرنية والجذرية الأخرى

يتضمن هذا الفصل الخضر الدرنية والجذرية الأخرى بخلاف البطاطس والبطاطا.

الجزر

مرحلة النمو المناسبة للحصاد

ليس للجزر مرحلة معينة لاكتمال النمو لأجل الحصاد، ولذا .. فإن من الأنسب الحديث عن مرحلة الحصاد harvest stage بدلاً من مرحلة اكتمال التكوين maturity أو النضج ripening وتبعًا لذلك فإن تحديد الموعد المناسب للحصاد يختلف باختلاف الأصناف، والاستعمال المتوقع للمحصول، وظروف الأسواق، وغيرها من العوامل وغالبًا ما يحصد الجزر قبل وصول جذوره إلى أقصى حجم ممكن لها، وبالتالى قبل الوصول إلى أعلى محصول ممكن

وعمومًا فإن المحصول الذى يزرع لأجل التسويق الطازج يحصد مبكرًا عن المحصول المخصص للتصنيع، لأن تأخير الحصاد يؤدى إلى زيادة المحصول، مع تحسن فى لون الجذور، وزيادة محتواها من الكاروتين، ويكون ذلك مصحوبًا بتغيرات فى شكل الجذور وحجمها، إلا أن ذلك يعد قليل الأهمية بالنسبة لمحصول التصنيع. ويمكن القول .. إنه يلزم لحصاد الجزر انقضاء نحو ٣-٤ أشهر من الزراعة فى الجو المعتدل البرودة، وتزيد المدة عن ذلك فى الجو البارد.

تحصد معظم الأصناف لغرض الاستهلاك الطازج عندما يبلغ قطر جذورها عند الأكتاف حوالى ٢-٣ سم ويعمد منتجو الجزر الشانتناى فى مصر إلى تأخير الحصاد إلى أن يصل قطر الجذور عند الأكتاف إلى ٣-٦ سم، وذلك رغم أن المستهلك يفضل الأحجام التى يبلغ قطرها عند الأكتاف حوالى ٢-٣ سم، لأن تأخير الحصاد تتبعه زيادة كبيرة فى أحجام

الجذور، والمحصول المنتج، ويكون ذلك مصاحبًا بزيادة كبيرة فى حجم القلب الداخلى المتخشب، ونسبة الجذور المتفلقة، ونسبة السكريات المختزلة فى الجذور إلاّ أن نسبة السكريات الكلية تبقى ثابتة، بينما يتحسن اللون، وتزداد نسبة الكاروتين فى الجذور

ومن المعروف أن أصناف طراز Amsterdam Forcing شديدة التبكير ويمكن حصادها بعد نحو ٧٠ يومًا من الزراعة أو قبل ذلك أحيانًا، بينما قد تتطلب أصناف أخرى ١٥٠ يومًا أو أكثر من ذلك لحصادها وغالبًا ما تكون جذور الأصناف التى تبقى لفترة طويلة قبل حصادها أكبر حجمًا ووزنًا، كما أنها غالبًا ما تزرع لأجل التصنيع أو التخزين لفترات طويلة حيث تتميز بصلاحية أكبر للتخزين

وعمومًا فإن أصناف الجزر ذات موسم النمو الطويل التى يتأخر حصادها يزيد فيها حجم الجذور، ويكون ذلك أحيانًا على حساب نوعيتها. وخاصة إذا ما أدت زيادة الحجم إلى زيادة محتوى الجذور من الألياف كذلك يؤدى تأخير الحصاد إلى زيادة فرصة تدهور المذاق والقوام، والإصابة بالأمراض، والإزهار فى المناطق الباردة

وكذلك يتعين اختيار الوقت المناسب لحصاد الجزر المخصص لـ "تصنيع" الجزر "البيبى" baby carrots ففى دراسة أجريت على الصنف Caropak كان طول الجذور أفضل ما يمكن (لأجل إعداد الـ baby carrot بعمليتى التقطيع والتقشير cut-and-peal baby carrot) عندما زاد قطر ٢٥٪–٣٥٪ من الجذور عن ٢ سم، حيث حُصل حينئذ على أعلى محصول كلى من الجذور (٤٨,١ طن للهكتار أو حوالى ٢٠,٢ طن للفدان)، وعلى أعلى محصول من الجزر المقطع (٣٧,٧ طن للهكتار أو حوالى ١٥,٨ طن للفدان) والمُشكّل على صورة baby carrot (٣٢,٣ طن للهكتار أو حوالى ١٣,٦ طن للفدان) وقد أعطت كثافة زراعة مقدارها ٣٢١ نباتًا/م^{2} أعلى محصول كلى ومقطع (Lazcano وآخرون ١٩٩٨)

الحصاد

يحصد الجزر يدويًا أو آليًا، ويتم الحصاد اليدوى بغرز أوتاد من الصلب أسفل

الجذور، ثم رفعها لأعلى، وبذا تقتلع النباتات من التربة ويمكن عند اتباع هذه الطريقة حصاد النباتات الكبيرة، وترك النباتات الصغيرة فى مكانها، حتى تصل إلى الحجم المناسب للتسويق وقد يجرى الحصاد بالمحاريث، ويراعى فى هذه الحالة جعل سلاح المحراث عميقًا، حتى لا تقطع الجذور (مرسى والمربع ١٩٦٠).

وتعد أبسط طريقة لحصاد الجزر هى بإمرار أسلحة المحاريث أسفل مستوى جذور النباتات بهدف قطع الجذور الوتدية وتفكيك التربة من حول النباتات التى تجذب بسهولة يدويًا بعد ذلك، ثم تُزال نمواتها الخضرية يدويًا أو تربط من نمواتها الخضرية فى حزم بعد تدريجها حسب حجم الجذور، ثم توضع فى عبوات الحقل

ويطلق على الجذور التى تحصد بنمواتها الخضرية (العروش) اسم bunch carrots، والجذور التى تفصل منها العروش اسم bulk carrots. ويؤدى قطع العروش إلى تقليل الفقد فى الوزن كثيرًا أثناء التداول والتخزين

هذا .. ولم يعد تسويق الجزر بالنموات الخضرية — الذى يجرى بهدف إعطاء المستهلك انطباعًا قويًا بمدى طزاجة المنتج — لم يعد شائعًا كثيرًا نظرًا لكلفته العالية وصعوبة المحافظة على الجذور والنموات الخضرية من فقدان الرطوبة إلى الدرجة التى تؤدى إلى ذبولها، فضلاً عن إحجام المستهلك عن الإقبال على هذا النوع من المنتج الذى يتطلب منه بذل جهدًا أكبر قبل إعداده للاستهلاك وما لم تكن أسعار الجزر ذات العروش (النموات الخضرية) عالية، فإن تسويقه بهذه الصورة لا يكون مجزيًا

وتتوفر آلات تماثل إلى حد كبير آلات حصاد البطاطس تقوم بقطع الجذور الوتدية ونقل النباتات بجذورها المتشحمة — بعد تخليصها من كتل التربة — إلى العربات التى تسير إلى جانب آلة الحصاد وقد يسبق ذلك عملية حشّ للنموات الخضرية كما قد يتم أحيانًا — عندما يُرغب فى تصنيع المحصول — قطع أكتاف الجذور مع النموات الخضرية فى عملية واحدة، لأجل التخلص من الأكتاف الخضراء وغير المنتظمة النمو أو الخشنة الملمس.

كذلك تتوفر آلات تقوم بتقطيع الجذور الوتدية ثم جذب النباتات من نمواتها الخضرية. لتقوم بتقطيع تلك النموات بعد ذلك وفصلها عن الجذور يمكن للآلة الواحدة من الطرز الحديثة حصاد عدة خطوط فى آن واحد مقارنة بالطرز الأولى التى كانت تقوم فيه الآلة بحصاد خط واحد أثناء سيرها ويشترط لنجاح عملية الحصاد بهذه الطريقة أن تكون النموات الخضرية جيدة التكوين وقوية وغير مصابة بالأمراض ليمكن تقليع الجذور من التربة عند جذب الآلة لها (عن Rubatzky وآخرين ١٩٩٩)

دلائل الجودة

إن أهم دلائل الجودة فى الجزر، ما يلى

١- صلابة الجذر، فلا يكون رخوًا أو لينًا

٢- استقامة الجذر مع تجانس استدقاقه من الأكتاف حتى نهايته.

٣- اللون البرتقالى اللامع

٤- يجب أن يحمل الجذر قليلاً من متبقيات الجذور الجانبية الدقيقة

٥- خلو الجذر من الأكتاف الخضراء والقلب الأخضر، الأمر الذى يحدث جراء تعرض الجذور لضوء الشمس أثناء النمو

٦- قلة المرارة، وهى التى يكون مردها إلى المركبات التربينية.

٧- ارتفاع المحتوى الرطوبى والسكريات المختزلة.

وفى المقابل فإن من أهم عيوب الجزر رخاوة الجذور، وعدم انتظامها فى الشكل، وعدم نعومتها، ورداءة لونها، ووجود التشققات والتفلقات بها، وحدوث كسور بالقمة المستدقة، ووجود قلب أخضر بها (Suslow وآخرون ٢٠٠٧)

التنفس وإنتاج الإثيلين

يتباين معدل تنفس الجزر حسب درجة الحرارة، وحسبما إذا كان بعروشه أم بدونها، كما يلى

الحرارة (°م)	معدل التنفس (ملليلتر ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة)	
	جذور فقط	جذور وعروش
صفر	٥–١٠	٩–١٨
٥	٧–١٣	١٣–٢٥
١٠	١٠–٢١	١٦–٣١
١٥	١٣–٢٧	٢٨–٥٣
٢٠	٢٣–٢٨	٤٤–٦٠

ينتج الجزر الإثيلين بمعدل منخفض جدًا يقل عن ٠,١ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٢٠°م، ويؤدى تعرض الجزر للإثيلين من مصدر خارجي إلى اكتسابه طعمًا مرًا نتيجة تكوينه للأيزوكيومارين isocumarin (عن Suslow وآخرين ٢٠٠٧)

التداول

عمليات التداول الأولية

ينقل الجزر من الحقل إلى محطة التعبئة فى سيارات نقل كبيرة، حيث يتم تفريغ حمولتها فى الماء لتخفيف الضغوط على الجذور وتخليصها من التربة العالقة بها، ويلى ذلك غسيل حزم الجزر ذات العروش بالماء النظيف، ثم توضع مباشرة فى كراتين مشمعة ومقاومة للماء، وغالبًا ما يضاف إليها الثلج المجروش لتبريدها وتقليل فقدها للماء. وتتم المحافظة على المنتج بعد ذلك — خلال التخزين والشحن — على حرارة الصفر المئوى ورطوبة ١٠٠٪ لمدة أقصاها أسبوعين يبدأ بعدها العرش (النموات الخضرية) فى التدهور.

أما الجزر الذى أزيلت نمواته الخضرية فإنه يتحرك من الماء الذى ألقيت فيه الحمولة التى نقلت من الحقل إلى سير متحرك حيث يمر بعديد من العمليات التى تتضمن مزيد من الغسيل (بالرش القوى بالماء)، والتدريج حسب الحجم، والتبريد بالماء البارد ويتم التدريج حسب الحجم قبل التبريد الأوّلى لتجنب تبريد المنتج الذى لا يصلح للتسويق

وبهذا .. فإن عمليات التداول الأولية تكون كما يلى:

١- الفرز تجرى هذه العملية فى الحقل، بغرض التخلص من الجذور المتفلقة، والمتفرعة، والمقطوعة، والمصابة بالآفات .. إلخ

٢- الربط فى حزم. يتم ذلك فى الحقل عند الرغبة فى تسويق الجذور بعروشها

٣- قطع النموات الخضرية يتم ذلك فى الحقل أيضًا عند الرغبة فى تسويق الجذور دون عروش ويجب فى هذه الحالة عدم ترك أى جزء من النموات الخضرية، وذلك لأن الأجزاء المتروكة تذبل وتتعفن

٤- الغسيل بالماء، والتدريج حسب الحجم والتعبئة تجرى هذه العمليات فى محطات التعبئة وتعتبر أكياس البوليثيلين المثقبة هى أهم عبوات المستهلك وتعد عملية التثقيب ضرورية؛ لكى لا يتكون بالجذور طعم غير مقبول

هذا ويتعين الحد من تعرض محصول الجزر للاهتزازات أثناء لتداول، فقد أدى تعريض الجذور لشدّ ميكانيكى — بكثرة تعريضها للاهتزاز — إلى زيادة معدل تنفسها وإنتاجها من الإثيلين، كذلك ازداد محتواها من كل من الكحول الإثيلى، والـ 6-methoxymellein، بينما انخفض محتواها من السكريات وعديد من التربينات terpenes (Seljasen وآخرون ٢٠٠١)

التبريد الأولى

يستعمل فى التبريد الأولى ماء مثلج على ١°م، وهو يعمل على التخلص السريع من حرارة الحقل. إلا أن السرعة التى تتم بها عملية التبريد تتوقف على درجة حرارة المنتج الابتدائية وحجم الجذور ويشترط لنجاح العملية توفر كميات متجددة من المياه المثلجة التى تكفى لتبريد المنتج الذى يصل إلى محطة التعبئة أولاً بأول وعلى الرغم من صغر مساحة السطح الخارجى للجذور بالنسبة لوزنها فإن التبريد الأولى بالماء البارد يعد أنسب وسيلة لتبريد الجزر وأكفاء من طرق التبريد الأولى الأخرى، كما أنها تفيد فى إكساب الجذور الذابلة قليلاً من الماء؛ مما يجعلها تبدو أكثر نضارة (عن Rubatzky وآخرين ١٩٩٩).

ويستدل من دراسات Toivonen وآخرين (١٩٩٣) أن حفظ الجزر على ١°م لمدة أربعة أيام بعد حصاده كان كافيًا لتقليل الفقد فى الوزن لدى عرضه للبيع بعد ذلك على ١٣°م وأكثر من ٩٥٪ رطوبة نسبية وقد أطلقوا على عملية الحفظ البارد الأولى تلك اسم "التهيئة" preconditioning، وهى العملية التى تبين من الدراسات التشريحية أنها حفزت ترسيب السيوبرين على سطح البيريدرم، ولجننة الخلايا التى توجد تحت سطح الجذر. ويبدو أن هاتين العمليتين ساعدتا فى تقليل الفقد فى الوزن أثناء عملية العرض للبيع بالأسواق. ويعنى ذلك أن الجزر — حتى المحصول الذى يسوق طازجًا دونما تخزين — يمكن أن يستفيد من عملية التهيئة الأولية على ١°م لمدة ٤ أيام قبل تسويقه، وذلك بتقليل التدهور — الذى يحدث أثناء التسويق — على صورة فقد فى الوزن، وتلون بنى للأنسجة، واسوداد بالأطراف، وذبول، وفقد فى بريق الجذر.

التعبئة

تنقل جذور الجزر بعد تبريدها أوليًا إلى مكان التعبئة، حيث تفحص ثانية حسب احتياجات الأسواق، ثم تعبأ إما سائبة، وإما فى عبوات المستهلك، وغالبًا ما يتوقف الاختيار بين الطريقتين على حجم الجذور؛ فالجذور الكبيرة تكون أقل صلاحية للتعبئة فى عبوات المستهلك، وعادة ما توضع فى شباك أو أكياس بلاستيكية تتسع لنحو ١٠-١٢ كجم

وعند التعبئة فى عبوات المستهلك فإن ذلك يتم فى أكياس من البوليثلين المثقب أو غير المثقب يوضع فيها الوزن المحدد للعبوة من الأحجام المحددة المرغوب فيها، ويتم ذلك يدويًا مع الاستعانة بميزان، وغالبًا ما تحتوى العبوة التى تزن ٥٠٠ جم على حوالى ٦-١٠ جذور توضع كل مجموعة من هذه الأكياس فى كرتونة واحدة لتسهيل تداولها، ويحافظ عليها أثناء التخزين والشحن على درجة الصفر المئوى ورطوبة نسبية ٩٥٪-٩٨٪

وتتوفر آلات تقوم بعملية وضع الجزر فى الأكياس بالوزن المطلوب ولحامها دونما تدخل من الإنسان (عن Rubatzky وآخرين ١٩٩٩).

وقد أعطى تخزين الجزر المعبأ فى الأكياس المصنوعة من أغشية البوليثيلين غير المثقب بسمك ٣٠ ميكرونًا – على حرارة ٢°م – أفضل النتائج مقارنة بالتعبئة فى بوليثيلين بسمك ٦٠ ميكرونًا أو بدرجات مختلفة من التثقيب (Lim وآخرون ١٩٩٨)

معاملات خاصة لتقليل الإصابة بالأعفان

أفاد غمر الجذور قبل تخزينها فى محلول Sodium-o-phenylphenate (اختصارًا SOPP)، بتركيز ١٠٪ فى تقليل العفن أثناء التخزين. ويجب فى هذه الحالة عدم غسيل الجذور بالماء بعد غمرها فى المحلول المطهر وقبل التخزين

وأدى تعريض جذور الجزر قبل تعبئتها للبخار لمدة ثلاث ثوان فقط، ثم تخزينها على ٥ ٠°م لمدة شهرين قبل عرضها على ٢٠°م لمدة أسبوعين أدى ذلك إلى إصابة ٢٪ فقط من الجذور بالأعفان مقابل ٢٣٪ إصابة بالأعفان فى الجذور التى خزنت تحت نفس الظروف ولكنها لم تكن قد عوملت بالبخار وعندما لقحت جذور الجزر بالفطريات *Alternaria alternata*، و *A. radicina*، و *Sclerotinia sclerotiorum*، فإن نسبة الإصابة بعد فترة مماثلة من التخزين تحت الظروف السابقة كانت ٥٪ فى الجذور التى سبقت معاملتها بالبخار، و ٦٥٪ فى الجذور التى لم تسبق معاملتها (Afek وآخرون ١٩٩٩)

كذلك تُعامل جذور الجزر قبل تخزينها بالمبيد الفطرى iprodione للحد من إصابتها بالأعفان وبخاصة عفن الجذور الأسود الذى يسببه الفطر *Thielaviopsis basicola* ولقد أمكن الاستغناء عن المعاملة بالمبيد بمعاملات أخرى غير كيميائية، مثل المعاملة بالبخار أو بفوق أكسيد الأيدروجين (المركب التجارى Tsunami 100)، أو بالتحضير التجارى من الخميرة Shemer ونظرًا لأن معاملتى البخار وفوق أكسيد الأيدروجين يضران بالجذور، لذا فإن من الأفضل المعاملة المزدوجة بمستويات غير ضارة من كل منهما كذلك تفيد المعاملة بفوق أكسيد الأيدروجين ثم غسيل الجذور من آثاره قبل المعاملة بالخميرة (Eshel وآخرون ٢٠٠٩)

التخزين

التخزين المبرد العادى

يمكن تخزين جذور الجزر (بدون العروش) على حرارة صفر-١°م مع ٩٨٪-١٠٠٪ رطوبة نسبية لمدة ٧-٩ شهور، ولكن قد تظهر الأعفان بعد الشهر السابع فى نحو ١٠٪-٢٠٪ من الجذور، ولذا فإن التخطيط للتخزين لمدة ٥-٦ شهور فقط يعد أكثر واقعية ولتحقيق ذلك الهدف يتعين سرعة تبريد الجزر مبدئيًا إلى ٤°م بعد الحصاد مباشرة.

تحتفظ جذور الجزر بنضارتها تحت هذه الظروف، ولا تتعرض للانكماش، أو التزيع وتقل فترة التخزين إلى ٢٠-٢٥ يومًا فى حرارة ٤-١٠°م، وإلى ١٠-١٥ يومًا فقط فى حرارة ١٨-٢١°م وتعتبر الرطوبة النسبية العالية ضرورية لتقليل الفقد فى الوزن، وخاصة فى الجزر المخزن بأوراقه ويجب توفير تهوية جيدة، كما يجب عدم تعريض المحصول المخزون لدرجة التجمد (وهى بالنسبة للجزر -١.٤°م)؛ لأن الجذور المتجمدة تتلف بسرعة وتلزم العناية باستبعاد الجذور المجروحة، والمصابة بالآفات قبل التخزين؛ لضعف قدرتها على التخزين (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨، و Whitaker وآخرون ١٩٧٠)

وبينما تصل فترة صلاحية الجزر المخزن بدون أوراقه إلى خمسة شهور على الأقل (وقد تصل إلى ٧-٩ شهور) على حرارة الصفر المئوى ورطوبة نسبية ٩٥٪، فإن فترة تخزين الجزر المخزن بأوراقه تحت الظروف ذاتها لا تزيد عن أربعة أسابيع (وقد تنخفض إلى أسبوعين) أما الجزر غير المكتمل التكوين فيمكن حفظه تحت هذه الظروف لمدة ٤-٦ أسابيع

وعند تخزين الجزر لفترات طويلة فإن ذلك يتم غالبًا فى أكوام قليلة الارتفاع على أرضية المخزن، أو فى عبوات كبيرة بحجم متر مكعب. ويتعين أن تكون حركة الهواء داخل المخزن وبين الجذور بسرعة ٧-١٠سم/ثانية، مع التهوية البسيطة للتخلص من ثانى أكسيد الكربون الناتج من التنفس

يظهر الذبول على الجذور عندما يزيد فقدها للرطوبة عن ٥٪-٨٪ من وزنها.

ومع أهمية الرطوبة النسبية العالية فإنه يتعين الحذر من تواجد رطوبة حرة (بعد غسيل الجذور أو جراء التكثف الذى يكون مرده إلى حدوث تقلبات فى حرارة التخزين) التى تحفز الإصابة بالأعفان.

وقد أمكن تعويض الفقد الرطوبى – الذى يحدث بجذور الجزر أثناء تخزينه – جزئيًّا – بغمرها فى الماء، ومن ثم أمكن زيادة فترة صلاحيتها للتخزين. فمثلاً فقد الجزر ٩٦.٢٪ من وزنه أثناء تخزينه على ١٣°م، و ٣٥٪ رطوبة نسبية. ولكنه استعاد ٨٣٪ من كتلته بعدما غُمر فى الماء لمدة ١٢ ساعة. ولم تكن لزيادة فترة الغمر فائدة إضافية. وقد كان الغمر فى الماء على حرارة ١٣ أو ٢٦°م أكثر فاعلية فى استعادة جذور الجزر لكتلتها عن الغمر على الصفر المئوى (Shibairo وآخرون ١٩٩٨ جـ، و Suslow وآخرون ٢٠٠٧)

ويظهر بالجزر المخزن أحيانًا طعم مر، يرجع إلى تكوين مادة الأيزو كيوماريين isocumarin، وهى التى تتجمع عند تخزين الجذور فى وجود كميات ضئيلة جدًّا من الإثيلين؛ لذا . يجب ألاَّ يخزن الجزر بالقرب من التفاح، والكمثرى، وغيرها من الثمار التى تنتج غاز الإثيلين بكميات محسوسة أثناء التخزين ويمكن التخلص من الطعم المر بوضع الجذور فى درجة حرارة الغرفة لأيام قليلة بعد إخراجها من المخزن وقبل التسويق كما وجد أن وضع الجزر فى جو من النيتروجين فقط – لمدة أربعة أيام قبل التخزين – أدى إلى منع تكوين الأيزوكيوماريين بالجذور، حتى ولو تعرضت لغاز الإثيلين بعد ذلك

ومن أهم الأعفان التى تصيب الجذور أثناء التخزين، ما يلى:

العفن	الفطر المسبب
العفن الرمادى gray mold	*Botrytis cinerea*
العفن الطرى المائى watery soft rot	*Sclerotinia sclerotiorum*
عفن رايزكتونيا crater rot	*Rhizoctonia soloni*
العفن الحامضى sour rot	*Geotrichum* sp.

وقد أدى تعريض جذور الجزر للأشعة فوق البنفسجية أثناء التخزين إلى تولد مقاومة للفطر *Botrytis cinereae* فى الأنسجة التى تعرضت للأشعة فقط، بمعنى أن تلك المقاومة لم تكن جهازية، وقد ظهرت فى تلك الأنسجة تركيزات عالية من المركب 6-methoxymellein كانت كافية لتثبيط نمو الفطر بها (Mercier وآخرون ٢٠٠٠).

التخزين فى الهواء المتحكم فى مكوناته

يؤدى التخزين على ١°م فى هواء يحتوى على ٢٪–٦٪ أكسجين، و ٣٪–٤٪ ثانى أكسيد كربون إلى خفض معدل التنفس، وفقد السكروز والتجذير، والتبرعم مقارنة بالوضع عند التخزين فى الجو المبرد العادى (عن Rubatzky وآخرين ١٩٩٩)

كما يفيد تخزين الجذور فى هواء يحتوى على ٥٪–١٠٪ ثانى أكسيد كربون + ٢‚٥٪–٦٪ أكسجين فى خفض إصابتها بالأعفان أثناء التخزين، ولكن الجزر ذاته يضار جراء زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون عن ٥٪، أو نقص الأكسجين عن ٣٪.

التخزين تحت ضغط منخفض

يعتبر تخزين الجزر تحت ضغط منخفض وسيلة بسيطة لتقليل تأثير الإثيلين الذى تنتجه الخضر أو الفواكه التى قد يخزن معها الجزر – مثل التفاح – على الجزر، علمًا بأن الضغط المنخفض فى حد ذاته لا يستفيد منه الجزر فى غياب المحاصيل الأخرى المنتجة للإثيلين. هذا . ويتساوى خفض ضغط الهواء الجوى إلى ١٠ كيلو باسكال (٠,١ ضغط جوى) فى تأثيره مع عمل خفض لتركيز الأكسجين إلى حوالى ٢٪ تحت ظروف الضغط الجوى العادى (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

التغيرات الفيزيائية والفسيولوجية المصاحبة للتخزين

الفقد الرطوبى والتزريع

يتناسب فقد الرطوبة من جذور الجزر – أثناء التخزين – طرديًا – مع المساحة

السطحية النوعية . أى المساحة السطحية لكل وحدة وزن من الجذر (Shibairo وآخـرون ١٩٩٧)

تناسـب الفقد الرطوبى من جذور الجذر بعد الحصاد (لدى تخزينه على ١٣ °م و ٣٢ ، رطوبة نسبية) طرديًا مع مقدار الشدّ الرطوبى الذى تعرضـت لـه النباتـات خـلال الـشهر السابق للحصاد (Shibairo وآخرون ١٩٩٨ب)

كما أدت زيادة تركيز البوتاسيوم فـى المحاليل المغذيـة إلى ١ مللـى مـول إلى خفـض الفقد الرطوبى من الجذور أثناء التخزين، وكـان ذلـك مـصاحبًا بزيـادة فـى وزن الجـذور ومحتواهـا مـن البوتاسـيوم، وبـنقص فـى جهـد الجـذور المـائى، وجهـدها الأسـموزى، والتسرب الأيونى منها. ولكن زيادة مستوى البوتاسيوم عن ذلـك لم تكـن لهـا أى تـأثير إضـافى على الفقد الرطوبى أثناء التخزين (Shibairo وآخرون ١٩٩٨أ)

أما التزريع فيحدث عند التخزين فى حرارة عاليـة نـسبيًا، ويكـون مـصاحبًا بـذبول الجذور وتغضنها

التغيرات فى السكريات

تـشكل السكريات الأحادية والثنائية المخزنة فى الفجوات العصارية بخلايا جـذور الجـزر حوالى ٣٤٪–٧٠٪ من زون الجذور الجاف ويعد السكروز هو السكر الرئيسى عنـد الحـصاد، إلا أن تركيزه ونسبته إلى غيره من السكريات تتوقفان على الصنف وظروف الإنتاج أمـا أثنـاء التخزين فإن السكريات السداسـية الكربـون تـزداد بينمـا تـنخفض نـسبة الـسكروز، وخاصـة خلال شهور التخزين الأولى. وفى الظروف المثلى نادرًا ما يتغير محتويـات الـسكريات الكلـى على الرغم من استمرار تغير نوعيات تلك السكريات (Afek & Kays ٢٠٠٤)

التغيرات فى الكاروتين والأحماض الأمينية

وجد أثناء تخزين الجزر (على الصفر المئوى أو ٥ °م حتى ٢٠٠ يوم) أن تركيـز البيتـا كاروتين انخفض تدريجيًا وكان الانخفاض أشد فى الخشب عما فى اللحـاء، هـذا بينمـ

ازداد محتوى الآلانين alanine والبرولين خطيًا مع الوقت، ولكن مستوى حامض جاما أمينو بيوترك gamma-aminobutyric acid ازداد عند بداية التخزين، ثم انخفض إلى مستوى أقل مما كان عليه (Takigawa & Ishii ١٩٩٦).

الإثيلين وتكوين الطعم المر

أدى تعريض جذور الجزر للإثيلين بتركيز ٠,١-٥ أجزاء في المليون في حرارة ١-١٥°م إلى زيادة كلا من معدل تنفس الجذور وتكوينها السريع لمركب الأيزوكيومارين isocumarin (وهو 8-hydroxy-3-methyl-6-methoxy-3,4-dihydroisocumarin) المسئول عن الطعم المر. وأدى تعريض جذور الجزر المكتملة التكوين للإثيلين بتركيز ٥ أجزاء في المليون لمدة ١٤ يومًا على ١، أو ٥°م إلى زيادة محتوى الجذور في طبقة القشرة الخارجية peel (التي تُقشَّر عادة) إلى ٢٠، و ٤٠ مجم/١٠٠ جم على التوالي. وقد كان من السهل اكتشاف تلك المستويات كمذاق مر في الجذور الكاملة. وقد كونت الجذور غير التامة النمو مستويات أعلى من الأيزوكيومارين عن الجذور المكتملة التكوين. حيث ظهر الأيزوكيومارين في قشورها بتركيز ١٨٠ مجم/١٠٠ جم عندما وضعت الجذور في هواء يحتوى على ٥ أجزاء في المليون من الإثيلين لمدة ١٤ يومًا على ٥°م وأدت زيادة نسبة الأكسجين إلى ١٠٠٪ إلى زيادة إنتاج الأيزوكيومارين - بفعل الإثيلين - بمقدار خمسة أضعاف، بينما أدى خفض الأكسجين في هواء المخزن إلى ١٪ إلى خفض إنتاج الأيزوكيومارين إلى النصف مقارنة بإنتاجه في الهواء العادى، وذلك عندما تواجد الإثيلين بتركيز ٥٠ جزء في المليون في كلتا الحالتين. كذلك ازداد إنتاج الأيزوكيومارين في الجزر المعد للاستهلاك (على صورة شرائح أو مكعبات صغيرة) عما في الجذور الكاملة. هذا إلا أن الـ baby carrot المصنع بالتقشير لم يكن بذى قدرة كبيرة على إنتاج الأيزوكيومارين. وعمومًا .. وجد ارتباط إيجابى بين الزيادة في معدل التنفس الناتجة عن التعرض للإثيلين وإنتاج الأيزوكيومارين (Lafuente وآخرون ١٩٩٦)

وأدى تعريض جذور الجزر لتركيز ٤٢ ميكرومول/م^{3} من المركب

1-methylcyclopropene (اختصارًا MCP) المضاد لفعل الإثيلين لمدة ٤ ساعات على ٢٠°م – قبل تعريضها للإثيلين بتركيز ٤٢ ميكرومول/م³ – إلى منع تكوين الجذور للأيزوكيومارين، بينما أدى تعريض الجذور للإثيلين فقط (بتركيز ٤٢ ميكرومول/م³) على ١٠°م إلى زيادة تركيز الأيزوكيومارين بمقدار ٤٠ ضعف في كل من قشرة ولب الجذور مقارنة بالجذور غير المعاملة بالإثيلين، وذلك في خلال أربعة أيام من المعاملة (Fan & Mattheis ٢٠٠٠).

التجمد

تقدر أعلى درجة حرارة لتجمد الجزر بنحو -١.٢°م ويؤدى التجمد الشديد إلى ظهور شقوق طولية وبثرات بالجذور بعد تفككها بسبب البللورات الثلجية التي تتكون بالجذور تحت الطبقة السطحية. كذلك يتغير لون الجذور إلى البني القاتم أو الأسود وتبدو مائية المظهر بعد تفككها (عن Salunkhe & Kadam ١٩٩٨).

الشحن

يجب أن تبرد الحاويات التي تستخدم في شحن الجزر إلى الصفر المئوى، مع رطوبة نسبية من ٩٥٪ إلى ١٠٠٪، وعلى أن تكون التهوية فيها بمعدل ١٠م³/ساعة (٥ قدم مكعب/دقيقة) بالنسبة للحاويات التي بطول ٢٠ قدم، وبمعدل ١٥م³/ساعة (١٠ قدم مكعب/دقيقة) بالنسبة للحاويات التي بطول ٤٠ قدم. يحتفظ الجزر بجودته في هذه الظروف لمدة ٦-٩ شهور إذا كان بدون عروش، ولمدة ١٠-١٤ يوم إذا كان بعروشه (Optimal Fresh ٢٠٠٧ – الإنترنت).

الجزر المخصص للتصنيع والمجهز للمستهلك

يتم نقل الجزر المخصص للتصنيع processing في عبوات كبيرة تتسع لطن أو أكثر من طن من الجذور. وبعد إلقاء المنتج في الماء وغسله فإنه يدرج حسب الحجم ويجهز حسب طبيعة العمليات التصنيعية المتوقعة، والتي تتضمن التعليب، والتجميد،

والتجفيف، والتخليل، والعصير، والتي قد يجهز فيها الجزر على صورة شرائح، أو مكعبات صغيرة، أو مهروس الجزر، أو جذور كاملة، أو أجزاء من الجذور كما قد يتم تجهيز الـ baby carrots من الجذور الكبيرة بعد تقطيعها إلى أجزاء بطول حوالى ٥ سم، وتوحيد أقطارها بدقة، ثم تشكيلها على شكل جزرة صغيرة ذات سطح خارجى أملس وناعم، وتعبئتها فى أكياس من البوليثيلين بوزن محدد (عن Rubatzky وآخرين ١٩٩٩)

يجهز الجزر الطازج للمستهلك fresh-cut على صورة مكعبات صغيرة diced، ومبشورًا grated، وعلى شكل عصى sticks، ومقشرًا peeled (البيبى baby)، وممزقًا إلى قطع طولية shredded، ومقطعًا إلى شرائح sliced أو إلى مكعبات cubes

يجب أن يكون الجزر المجهز برتقالى اللون، وألاّ يأخذ مسحة بيضاء اللون، وألا يكون سطحه زَلقًا ويجب حفظ المنتج الطازج المجهز على الصفر المئوى، مع ٩٨٪-١٠٠٪ رطوبة نسبية، لضمان الجودة ولتقليل احتمالات تجمده أثناء التداول والتوزيع والتخزين حيث يمكن أن يبقى بحالة جيدة لمدة ٣-٤ أسابيع هذا علمًا بأن معظم الخسائر فى الجزر المجهز تنتج من اكتسابه مسحه بيضاء اللون، وطعمًا منفرًا، أو ملمسًا زَلقًا بسبب النموات البكتيرية.

لتجهيز الجزر الكامل المقشر فإنه يغسل أولاً بالماء، ثم تفصل قاعدة الجذر (الساق القرصية وجزء من الكتف) وطرفه، ويلى ذلك تقشير الجذر وتقطيعه ثم غسيله فى ماء يحتوى على كلورين بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون لمدة تقل عن دقيقة واحدة، ثم يُعرض للطرد المركزى للتخلص من الماء الزائد قبل وضعه فى أكياس.

يؤدى فقد الرطوبة من الأنسجة الضارة المتبقية على سطح الجذور المقشرة والمقطعة إلى اكتسابها مظهرًا أبيض اللون، وتلك صفة غير مرغوب فيها لأن المستهلك يربطها بفقد المنتج لطزاجته وتتوفر معاملات للحد من تلك الظاهرة، منها المعاملة بأغلفة صالحة للأكل مثل sodium caseinate-stearic acid، أو التسخين مع رفع الـ pH

وقد أوضحت الدراسات أهمية استعمال شفرت حادة جدًا عند تقطيع الجزر (المصنع جزئيًا) لأجل المحافظة على جودته لأطول فترة ممكنة والحد من الزيادة في النموات الميكروبية التي تحدث غالبًا في الجزر المقطع (Barry-Ryan & O'Beirne ١٩٩٨)

تحدث انحناءات في قطع الجزر الطولية carrot sticks – بالجزر المصنع جزئيًا لأجل الاستهلاك الطازج – وترتبط شدة تلك الانحناءات بأعداد وتوزيع خلايا الخشب في قطعة الجزر (Knoche وآخرون ٢٠٠١).

وقد أدى تعريض الجذر المجهز للاستهلاك – بالتقطيع – لمستوى منخفض من الأكسجين (٠.٥٪ أو ٢٪ والباقي نيتروجين) لمدة ٧ أيام على حرارة ٥ أو ١٥°م إلى إحداث زيادات كبيرة في تركيز الكحول الإثيلي والأسيتالدهيد ونشاط الإنزيمن alcohol dehydrogenese، و pyruvate decarboxylase مقارنة بما كان عليه الحال في الهواء على نفس درجتي الحرارة، وكانت الزيادات أكبر على ١٥°م منها على ٥°م (Hisashi & Watada ١٩٩٧)

ويستفيد الجزر الطازج المجهز قليلاً من الجو الذي يحتوي على ٢٪ إلى ٥٪ أكسجين + ١٥٪ إلى ٢٠٪ ثاني أكسيد كربون ويؤدي نقص الأكسجين أو زيادة ثاني أكسيد الكربون عن تلك الحدود إلى اكتساب المنتج مظهرًا زَلقًا، وزيادة نمو بكتيريا حامض اللاكتيك، وزيادة التحلل البكتيري وإنتاج الكحول هذا ويحتفظ الجزر المبشور بجودته لمدة ١٠ أيام على ٢–١٠°م في عبوات معدلة للهواء MAP أغشيتها ذات نفاذية عالية للأكسجين (١٠–٢٠ لتر/م²/ضغط جوي/يوم على ٢٥°م).

كما أدى تخزين الجزر المصنع جزئيًا لأجل الاستهلاك في هواء يحتوي على ٥٠٪ أكسجين، و ٣٠٪ ثاني أكسيد الكربون إلى زيادة فترة احتفاظ المنتج بجودته بمقدار يومين إلى ثلاثة أيام عما في حالة التخزين في الهواء العادي وعندما عومل الجزر قبل التخزين بالغمس في ١.٠٪ حامض ستريك، والجينات الصوديوم sodium alginate (لأجل التغليف بغلاف صالح للأكل) ازدادت فترة الصلاحية للتخزين بمقدار ٥–٧ أيام (Amanatiodou وآخرون ٢٠٠٠)

وفى دراسة جُهِّز فيها الجزر البيبى بالتصنيع خُزِّن الجزر المجهز فى صوان بغطاء من البولى بروبلين أو بدون غطاء على ٥ ± ٢°م مع ٩٠ ± ٥٪ رطوبة نسبية ولقد تكونت المسحة البيضاء فى خلال ٦٠-٩٠ دقيقة من تجهيز الجزر البيبى عندما كان تخزينها فى صوانٍ غير مغطاة بالبولى بروبلين، بينما تأخر ظهور تلك المسحة لمدة ٣ إلى ٦ أيام عندما كانت الصوانى مغطاة وبدا أن السبب الرئيسى فى ظهور المسحة البيضاء كان هو الفقد الرطوبى والتغيرات التركيبية للخلايا السطحية، وتمثيل بعض المركبات الفينولية غير التركيبية، كما لم يلاحظ أى تراكم لأنسجة لجنينية مع ظهور المسحة لبيضاء (Do N Simoes وآخرون ٢٠١٠)

كما استفاد الجزر المجهز للمستهلك fresh-cut (المبشور grated) من التخزين تحت تفريغ على ٢°م مقارنة بالتخزين فى الهواء العادى على نفس الدرجة، حيث حافظ على جودته لمدة ثمانى أيام انخفض خلالها الحمل الميكروبى عما فى الهواء، كما قلت أثناءها التغيرات الفيزيائية والكيميائية فى الجزر (Rocha وآخرون ٢٠٠٦).

كذلك أدى تغليف قطع الجزر المجهزة للاستهلاك بغلاف مأكول يحتوى على الشيتوسان إلى المحافظة على الجودة المظهرية وتقليل تغير اللون السطحى إلى الأبيض أثناء التخزين وعندما جُمع بين غطاء الشيتوسان وجو معدل بمستوى متوسط من كل من الأكسجين وثانى أكسيد الكربون، أمكن المحافظة على الجودة وزيادة محتوى أصابع الجزر (sticks) من الفينولات (Simoes وآخرون ٢٠٠٨).

هذا ويمكن أن يحتفظ الجزر المصنع جزئيًا لأجل الاستهلاك الطازج - بالتقطيع إلى أجزاء صغيرة (shredded carrots) - يمكن أن يحتفظ بجودته لمدة أسبوع كامل بشرط المحافظة التامة على سلسلة التبريد، وبغير ذلك يتدهور المنتج بشدة ومن أهم مظاهر التدهور زيادة الإفرازات، والغروية أو اللزوجة، وفقدان الصلابة، وتكون مذاق غير مرغوب فيه بسبب زيادة أعداد بكتيريا حامض اللاكتيك والخمائر وقد وجد أن الجزر المجهز للاستهلاك الطازج والمعبأ فى أكياس من أغشية البولى بروبلين والمحفوظ على ١٠°م تكوّن فيه كذلك عديدًا من الفينولات، كان أهمها حامض الكلوروجنك

phenylalanine ammonia-lyase ،chlorogenic acid كما ازداد كذلك نشاط الإنزيم (Babic وآخرون ١٩٩٣)

ويتباين معدل تنفس الجزر المجهز (بالملليجرام ثانى أكسيد كربون/كجم من المنتج في الساعة) حسب طريقة التجهيز ودرجة حرارة التخزين

الحرارة (°م)	مقشر كامل	مقطع إلى شرائح	مقطع إلى عصى	ممزق إلى قطع طولية
صفر	—	٥	١١	١٥
٥	٩–١٢	١٣	١٩	٢٤
١٠	١٧–٢١	٢٥	٤٢	٤٦
٢٣	٥٤	٧٢–٨١	—	١٠٨–١٢٦

القلقاس

يتميز القلقاس dasheem (وهو *Colocasia esculenta* var *esculenta*) بوجود كورمة كبيرة رئيسية يتصل بها عديد من الكريمات الجانبية cormels. أما في الإدو eddoe (وهو *C esculenta* var. *antiquorum*)، فإنه يوجد عديد من الكريمات (التي تؤكل) تحيط بكورمة صغيرة رئيسية مرة الطعم (لا تؤكل)

ويلاحظ أن كورمة القلقاس الرئيسية يكون بها عديد من الجروح بعد فصل الكريمات عنها. كما تزد د فيها الجروح بدرجة أكبر إذا ما تم فصل الجزء السفلى منها لاستعماله في تكاثر وتوفر تلك الجروح مدخلاً لإصابة الكورمة بمسببات الأمراض وبالمقارنة فإن كريمات الإدو لا يوجد بكل منها سوى جرح واحد بعد فصلها عن الكورمة الأم (Afek & Kays ٢٠٠٤)

مرحلة النمو المناسبة للحصاد، والحصاد

تستهلك معظم المواد الغذائية التي يكونها النبات في مبدأ حياته في تكوين نموات خضرية وجذرية جديدة، ولا ينتقل منها إلى الكورمات سوى كميات قلية ولكن تزداد

الكيمات التى تنتقل للكورمات تدريجيًا، مع تقدم النبات فى العمر، مما يؤدى إلى زيادتها فى الحجم وبحلول شهر نوفمبر . تكون الكورمات قد وصلت إلى أكبر حجم لها، وتبدأ الأوراق فى الاصفرار.

يقلع المحصول عندما تبلغ الكورمات حجمًا مناسبًا للتسويق. ويكون الحصاد — عادة — خلال شهرى أكتوبر ونوفمبر بعد ٧–١٠ أشهر من الزراعة ويمكن إجراء الحصاد مبكرًا عن ذلك للاستفادة من الأسعار المرتفعة فى بداية الموسم، إلاّ أن المحصول يكون منخفضًا فى هذه الحالة. ويجرى الحصاد بقطع (قرط) النمو الخضرى فوق سطح التربة، ثم تقلع الكرومات بالفأس أو بالمحراث، مع مراعاة عدم تجريح الكورمات أو تقطيعها أثناء التقطيع.

التداول

تنظف الكورمات بعد الحصاد من بقايا الأوراق، ومن الجذور، وكتل الطين العالقة بها، ثم تفصل عنها الفكوك. وتحسن معالجتها لعدة أيام فى مكان جيد التهوية قبل التخزين

وتجرى عملية المعالجة للقلقاس بتركه فى جو رطب على حرارة ٢٠–٣٠°م (Afek & Kays ٢٠٠٤).

التخزين

يجب تبريد القلقاس أوليًا — فى المخازن الباردة — إلى ١٠–١٤°م، ثم تخزينه بعد ذلك فى ٧–١٠°م مع ٨٠٪–٩٥٪ رطوبة نسبية، حيث يمكن أن يبقى بحالة جيدة لمدة حوالى أربعة شهور أو خمسة، ولكن يتعين استهلاك القلقاس فى خلال يومين بعد إخراجه من المخازن الباردة حتى لا تظهر عليه أضرار البرودة. وفى حرارة ١١–١٣°م، مع ٨٠٪–٩٥٪ رطوبة نسبية يحتفظ القلقاس بجودته لمدة شهرين دون مشاكل؛ وتنخفض المدة إلى ٢–٤ أسابيع فقط على ٢٠°م. كذلك يمكن ترك المحصول فى الحقل

دون حصاد، لمدة تصل إلى ١٥ أسبوعًا، أى حتى شهر يناير ويشترط لذلك عدم رى الحقل ويعاب على هذه الطريقة شغل الأرض لهذه المدة الإضافية، واحتمال إصابة الكورمات بالحفار

ويتعرض القلقاس للإصابة بأضرار البرودة التى تظهر على صورة تنقير سطحى وزيادة القابلية للإصابة بالأعفان

ويعد القلقاس من أقل الخضر إنتاجًا للإثيلين (Paull & Chen ٢٠٠٠)

ومن أهم الفطريات المسببة لأعفان كورمات القلقاس فى المخازن، ما يلى:

Aspergillus niger
Botryodiplodia theobromae
Fusarium solani
Rhizopus stolonifer
Corticum rolfsii

اللفت

تحصد حقول اللفت بعد الزراعة بنحو ٤٠–٧٠ يومًا حسب الصنف، عندما تبلغ الجذور حجمًا صالحًا لتسويق، وأنسب الجذور هى التى يتراوح قطرها من ٦–١٠ سم ويؤدى ترك اللفت بدون حصاد إلى تليف الجذور، وزيادتها كثيرًا فى الحجم هذا ويمكن إجراء عملية تقليع الجذور إما يدويًا، أو آليًا

التداول

من أهم عمليات التداول، والإعداد للتسويق بعد الحصاد . غسيل الجذور للتخلص من الطين العالق بها وتحسين مظهرها، وقطع النموات الخضرية، أو ربطها فى حزم عند الرغبة فى تسويقها بالنموات الخضرية.

ولا يوصى بتسميع جذور اللفت بهدف تخزينها لفترة طويلة لأن ذلك يضر بها، إلا أنه كثيرًا ما تشمع بالبارافين قبل تسويقها مباشرة لتحسين مظهرها وتجنب فقدها

.للرطوبة وذبولها خلال فترة تسويقها وتجدر الإشارة إلى أن الغطاء الشمعى السميك يمكن أن يسبب انهيارًا داخليًا بالجذور

يعبأ اللفت فى أكياس بلاستيكية مثقبة، حيث تفيد فى المحافظة على مستوى مرتفع من الرطوبة حول الجذور فى الوقت الذى تسمح فيه بتبادل الغازات بين داخل العبوة وخارجها

التخزين

يخزن اللفت فى درجة حرارة الصفر المئوى، مع رطوبة نسبية تتراوح من ٩٥٪- ٩٨٪ تحتفظ الجذور بجودتها فى هذه الظروف لمدة ١٠-١٤ يومًا عند تخزينها بالعروش (النموات الخضرية)، ولمدة ٤-٥ أشهر عند تخزينها بدون العروش ولا يجوز أن تخزن الجذور المجروحة. أو المصابة بالأمراض (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

الفجل

مرحلة النمو المناسبة للحصاد، والحصاد

تتوقف الفترة من الزراعة للحصاد على الصنف المستعمل، وموعد الزراعة فيستغرق الصنف البلدى من ٢٥-٣٠ يومًا صيفًا، ونحو ٤٥ يومًا شتاءً. بينما تصل جذور الأصناف الأجنبية إلى الحجم المناسب للحصاد بعد ٢٥-٨٠ يومًا ولا تقلع جذور الفجل إلاّ بعد أن تصل إلى الحجم المناسب للاستهلاك، باستثناء الفجل البلدى الذى يزرع صيفاً، والذى يحصد مبكرًا قبل أن يزهر، وتستعمل أوراقه.

ويؤدى تأخير الحصاد عن الموعد المناسب إلى إحداث التغيرات التالية:

١- تشقق الجذور، وتفلقها.
٢- تجوف الجذور خاصة فى الأصناف ذات الجذور الكروية
٣- ازدياد ظاهرة الجذور الإسفنجية المركز (ظاهرة الـ pithiness، أو التخويخ).

٤– الزيادة الكبيرة فى الحجم عما يناسب ذوق المستهلك

٥– احتمال نمو الشماريخ الزهرية (Sims وآخرون ١٩٧٨)

هذا .. ويجرى الحصاد بجذب النبات يدويًّا، أو آليًّا. وتتوفر آلات تقوم بحصاد ١٤ خطًّا دفعة واحدة بمعدل حوالى نصف طن فى الدقيقة. وتقوم الآلة بجذب النباتات من التربة، وقطع النموات الخضرية، ثم تفريغ الجذور فى سيارة نقل، تسير بمحاذاة آلة الحصاد فى الحقل.

صفات الجودة

يجب أن تكون جذور الفجل طازجة، وجيدة التلوين، وغضة، وصلبة، وقصمة، وناعمة بدون تجعدات، وخالية من التربة والمواد الغريبة، وخالية – كذلك – من القطوع والخدوش والأضرار الحشرية، كما يجب ألا تكون متليفة، أو خشبية، أو فاقدة لصلابتها، أو طرية، أو رخوة، أو ذابلة. أما الأوراق – فى الفجل الذى يسوق بالأوراق – فيجب أن تكون خضراء داكنة اللون بدون اصفرار، ولكنها قد تكون ذابلة قليلاً.

التداول

تجرى على الفجل عمليات الغسيل، والفرز – لاستبعاد الجذور المصابة بالأمراض والمتشققة – والتدريج، ثم الربط فى حزم. ومن الأهمية بمكان الإسراع بإجراء عملية التبريد الأولى إلى ٢°م بطريقة الرش، أو الغمر فى الماء البارد hydrocooling قبل تخزينها على درجة الصفر المئوى.

ويتم أثناء الفرز استبعاد الجذور التى يقل قطرها عن ٢ سم، وتجمع – منفصلة – الجذور التى يزيد قطرها عن ٣,٨سم، ثم تعبأ فى cello-packs.

كما تغمر الجذور المحتفظة بأوراقها فى ماء مكلور على ٢ °م، ثم تعبأ فى كراتين (Hassell ٢٠٠٤).

ويفيد غسيل الجذور في ماء مكلور في الحد من إصابتها بالعيب الفسيولوجي البقع السوداء black spot.

التنفس، وإنتاج الإثيلين

يتباين معدل تنفس الفجل حسبما إذا كان محتفظًا بأوراقه، أم تم فصلها، وحسب حرارة التخزين، كما يلي (عن Suslow ٢٠٠٧).

الحرارة (°م)	معدل التنفس (ملليلتر ثاني أكسيد كربون/كجم في الساعة)	
	بالأوراق	بدون أوراق
صفر	٦–٧	٢–٤
٥	٨–٩	٣–٥
١٠	١٤–١٦	٦–٧
٢٠	٥٨–٦٢	١٩–٢٦

يقل إنتاج الفجل من الإثيلين عن ٠,١ ملليلتر/كجم في الساعة على ٢٠°م.

ولا يعد الفجل حساسًا للإثيلين، ولكن الأوراق قد تظهر اصفرارًا إذا تعرضت للإثيلين لفترة طويلة

التخزين

تخزن جذور الفجل – في أكياس بلاستيكية – على درجة الصفر المئوي، مع رطوبة نسبية من ٩٥٪–١٠٠٪ أما النباتات الكاملة . فإنها تخزن مع الثلج المجروش للمحافظة على حرارة منخفضة ورطوبة عالية. وتتوقف فترة التخزين على: الصنف، وطريقة التخزين. فالأصناف المبكرة تخزن بأوراقها لمدة أسبوع إلى أسبوعين، وبدون أوراقها لمدة ٣–٤ أسابيع، وتخزن الأصناف المتأخرة مثل الفجل الياباني الكبير (طراز دايكون daikon) بحالة جيدة لمدة ٢–٤ أشهر. وتقل فترة التخزين بارتفاع درجة الحرارة عن الصفر المئوي (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

وعندما تكون حرارة التخزين أعلى عن الصفر المئوى فإن خفض نسبة الأكسجين فى هواء المخزن يفيد فى تقليل النمو النباتى القمى والجذرى كما يمكن تقليل النمو القمى كثيرًا بتقليم القمة النامية على بعد ملليمترات قليلة من الجذور، كذلك يفيد تقليم الجذور الرفيعة فى إطالة فترة تخزين الجذور المتدرنة (Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

وقد أدى خفض تركيز الأكسجين فى هواء المخزن حتى ٠,٥٪، وزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون حتى ٢٠٪ عند تخزين الفجل بأوراقه على ١٢°م لمدة ٦ أو ١٢ يومًا إلى تثبيط اصفرار الأوراق ومنع نمو الجذور كذلك ثبطت زيادة ثانى أكسيد الكربون ظهور الأعفان هذا إلاّ أن خفض نسبة الأكسجين إلى ١٪ أو ٠,٥٪ أدى إلى ظهور تلون غير طبيعى بالجذور وإلى زيادة حالات العفن، كما أن خفض نسبة الأكسجين إلى ٠,٥٪ أو زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون إلى ٢٠٪ – أو توفير كلا الأمرين معًا – أدى إلى ظهور طعم ونكهة غير مرغوبتين (Polderdijk & Boogaard ١٩٩٨).

وعلى الرغم من ذلك، فإن الجو الذى يحتوى على ١٪ إلى ٢٪ أكسجين، و ٢٪ إلى ٣٪ ثانى أكسيد كربون يعد مفيدًا قليلاً للفجل بدون جذور على حرارة ٥–٧°م، حيث يفيد هذا الجو فى تأخير معاودة نمو الأوراق والجذور الصغيرة

وتظهر أعراض التجمد على الفجل فى حرارة تقل عن –١°م، فتصبح الأوراق مائية المظهر، وتذبل، ثم تتلون بالأسود، كذلك تصبح الجذور مائية المظهر، وغالبًا ما يكون ذلك سطحيًّا ما لم تنخفض الحرارة كثيرًا عن –١°م. وعند تفكك تلك الجذور فإنها تبدو شفانية (نصف شفافة) translucent، وسريعًا ما تصبح طرية وتفقد الرطوبة بسرعة، وتذبل، كما ترشح الصبغة من الجذور الحمراء لتصبح فاقدة اللون (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤، و Suslow ٢٠٠٧)

البنجر

مرحلة النمو المناسبة للحصاد، والحصاد

تكون حقول البنجر جاهزة للحصاد – عادة – بعد ٦٠–٨٥ يومًا من الزراعة. وتطول المدة في الجو البارد. يجرى الحصاد بتلقيع النباتات يدويًا أو آليًا

يحصد البنجر لغرض الاستهلاك الطازج عندما تبلغ جذوره حجمًا مناسبًا للتسويق وتعد أفضل الجذور هى التى يتراوح قطرها بين ٢٫٥، و ٤٫٠ سم؛ لذا يفضل أن يجرى الحصاد عندما يكون قطر معظم الجذور بين ٢، و ٥٫٥ سم كما يوصى بإجراء الحصاد الآلى لأجل التصنيع عندما يصبح توزيع أحجام الجذور على النحو التالى ٢٥٪ درجة أولى (بقطر ٢٫٥–٤سم)، و ٦٠٪ درجة ثانية (بقطر ٤–٦٫٥سم)، و ١٥٪ درجة ثالثة (بقطر ٦٫٥–١٠سم)، و١٪ جذور غير صالحة culls وعمومًا . يتراوح حجم الجذور المناسب للتصنيع بين ١٫٥، و ٦٫٠ سم، أما الجذور الأكبر من ذلك فإنها إما أن تستعمل في التقطيع إلى مكعبات صغيرة dicing، أو أنها تستعمل فى أغذية الأطفال. إذا إنها لا تصلح للتعليب كاملة أو لعمل الشرائح الكاملة

ويجرى الحصاد آليًا بآلات تشبه آلات حصاد البطاطس، ويتم فى هذه الحالة التخلص من النموات الخضرية ميكانيكيًا قبل التقليع.

ويتراوح المحصول الجيد بين ١٨، و ٢٥ طنًا للفدان.

هذا .. ويؤدى الحصاد الآلى – رغم أهميته بالنسبة لمحصول التصنيع – إلى زيادة الإصابة بالعيب الفسيولوجى "البقع السوداء" black spots، وإلى زيادة معدلات الإصابة بالأعفان أثناء التخزين المؤقت السابق للتصنيع.

التداول

إن أهم عمليات التداول بعد الحصاد هى إزالة الأوراق الخارجية الصفراء وتنظيف الجذور من الطين العالق بها، والغسيل، والربط فى حزم وقد يسوق البنجر بدون أوراقه، ويسمح ذلك بتدريجه

يجب تبريد البنجر – الذى يسوق بأوراقه – أوليًا إلى ٤°م فى خلال ٤-٦ ساعات من الحصاد، ويمكن أن يجرى ذلك بالماء المثلج، أو بالدفع الجبرى للهواء. أو بإضافة الثلج المجروش إلى العبوات أما جذور البنجر بدون الأوراق فإن حرارتها يجب أن تخفض إلى ٥°م فى خلال ٢٤ ساعة.

التنفس وإنتاج الإثيلين

يتباين البنجر في معدل تنفس الجذور حسب درجة الحرارة، كما يلى

الحرارة (°م)	معدل التنفس (مجم ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة)
صفر	٤-٦
٥	١٠-١٢
١٠	١٦-٢٠
١٥	٢٤-٣٨
٢٠	٥١-٧٠

وتنتج جذور البنجر الإثيلين بمعدل يقل عن ٠,١ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٢٠ °م، كما أنه لا يكون حساسًا للإثيلين الذى قد يتعرض له من مصادر خارجية (Adamicki ٢٠٠٤)

التخزين

يمكن تخزين البنجر بعروشه (الأوراق) لمدة ١٠-١٤ يومًا بحالة جيدة فى درجة الصفر المئوى، مع رطوبة نسبية قدرها ٩٨٪-١٠٠٪ أما عند فصل العروش . فإن الجذور يمكن تخزينها على ١-٢°م مع ٩٨٪ رطوبة نسبية لمدة ٦-٨ شهور وتجب مراعاة ألا تزيد حرارة التخزين عن ٧°م؛ لتقليل العفن إلى أدنى مستوى ممكن؛ نظرا لأن الرطوبة النسبية يجب أن تبقى عالية؛ لمنع فقد الرطوبة من الجذور، وهو الأمر الذى يعد السبب الرئيسى لانكماشها وتعتبر الجذور الصغيرة أكثر عرضه للانكماش من الكبيرة، لزيادة نسبة سطحها الخارجى إلى وزنها ويراعى دائمًا – عند التخزين

- فرز الجذور التالفة واستبعادها، وتوفير تهوية جيدة بالمخازن، وقطع النموات الخضرية عن الجذور كلما كان ذلك ممكنًا (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨، و Adamicki ٢٠٠٤)

وعلى الرغم من أن البنجر لا يعد حساسًا لأضرار البرودة، فإن إصابته بالبقع السوداء تزداد عند التخزين على صفر-١ْم مقارنة بالتخزين فى الحرارة الأعلى، بينما تؤدى حرارة ٦-٧ْم إلى زيادة تشققات الجلد (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤)

وقد أفاد تخزين الجذور فى أكياس من البوليثيلين المغلفة بإحكام إلى خفض الفقد فى الوزن خلال ١٨ يومًا من التخزين على ٢٠ْم إلى ٢٦ ٠٪، و ٠,٩٦٪ - للأكياس بسمك ٧٠، و ٢٠ ميكرون على التوالى - وذلك مقارنة بمعاملة الكنترول (التى حفظت فيها الجذور فى الهواء على درجة الحرارة ذاتها ورطوبة نسبية ٦٠٪-٧٠٪) التى فقدت خلال الفترة ذاتها ٢٤,٤٤٪ من وزنها. هذا إلاّ أن التخزين فى الأكياس على تلك الدرجة أدى إلى تنبيت الجذور وبالمقارنة لم يحدث التنبيت فى الجذور التى خزنت فى أكياس بوليثيلين مثقبة أو فى أكياس من البولى فينيل كلورايد. والتى كان الفقد فيها ٣,٨٩٪ لأكياس البوليثيلين بسمك ٧٠ ميكرون، و ٢,٧٢٪ لأكياس البوليثيلين بسمك ٢٠ ميكرون، و ٤,٥١ لأكياس البولى فينيل كلورايد (Tessarioli Neto وآخرون ١٩٩٨)

الشحن

يجب أن تبرد الحاويات التى تستخدم فى شحن بنجر المائدة (بالأوراق) إلى الصفر المئوى. وعلى أن لا تزيد حرارتها عن ١ْم، مع ضبط التهوية لتكون ١٠م^3/ساعة (٥ قدم مكعب/دقيقة) بالنسبة للحاويات الـ ٢٠ قدم، و ١٥م^3/ساعة (١٠ قدم مكعب/دقيقة) بالنسبة للحاويات الـ ٤٠ قدم، ومع توفير رطوبة نسبية من ٩٥٪ إلى ١٠٠٪، علمًا بأن البنجر (بالأوراق) يبقى على هذه الظروف بحالة جيدة لمدة ٧-١٤ يومًا. هذا ويتجمد البنجر على -٤٠ْم (Optimal Fresh - ٢٠٠١ - الإنترنت)

البنجر المجهز للمستهلك

يجهز البنجر للمستهلك على ثلاث صور مبشور grated، وعلى صورة مكعبات صغيرة cubed، ومقشرة كاملاً whole peeled.

يجب تخزين البنجر الطازج المجهز fresh-cut على ١-٣°م قبل وبعد تجهيزه. هذا ويقل معدل تنفسه قليلاً أثناء تخزينه فى جو يحتوى على ٥٪ أكسجين، و ٥٪ ثانى أكسيد كربون على ٥°م.

ويختلف معدل التنفس حسب طريقة التجهيز ودرجة حرارة التخزين كما يلى (مجم ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة)

الحرارة (°م)	المقشر الكامل	المكعبات	المبشور
٢	٤	١٠	١٢
٥	٦	١٢	١٦
١٠	١٩	٢٧	٣٨
٢٣	٥٤	١١٧	١٦٢-٢٠٧

الطرطوفة

مرحلة النمو المناسبة للحصاد، والحصاد

تكون درنات الطرطوفة جاهزة للحصاد بعد نحو ٥-٦ أشهر من الزراعة، وأهم علامات النضج هى اصفرار الأوراق، وجفاف السيقان الهوائية، واكتمال تكوين الدرنات.

ويجرى الحصاد بتقطيع السيقان الهوائية أولاً، ثم تقليع الدرنات بالفأس ويصعب إجراء الحصاد آلياً لانتشار الدرنات فى مساحة كبيرة حول النبات

وتشكل الدرنات الصغيرة التى تبقى فى التربة بعد الحصاد مشكلة كبيرة حيث تنمو منها نباتات طرطوفة كحشيشة غير مرغوب فيها لعدة سنوات

التخزين

لا توجد على سطح درنات الطرطوفة طبقة فلينية واقية كتلك التى تتكون بدرنات البطاطس، وإنما تكون مغطاة بطبقة رقيقة يسهل خدشها، ويكون من السهل فقدان الرطوبة من خلالها؛ لذا . فإنها تفقد رطوبتها بسرعة فى درجات الحرارة العالية.

لا تحتاج الطرطوفة إلى تبريد أولى، وإن كان من المفضل نقل المحصول إلى مخزن مبرد ذى حرارة مناسبة بعد الحصاد مباشرة، وهى ٢ °م، مع ٩٠٪ إلى ٩٥٪ رطوبة نسبية، حيث يمكن أن تبقى الدرنات بحالة جيدة تحت هذه الظروف لمدة ٦-١٢ شهرًا، علمًا بأن الأصناف تتباين فى قدرتها على التخزين. ويؤدى انخفاض الرطوبة النسبية إلى سرعة فقد الدرنات لرطوبتها.

لا تعرف على وجه التحديد الفائدة التى تعود على الطرطوفة من تخزينها فى CA، إلا أن رفع نسبة ثانى أكسيد الكربون إلى ٢٢,٥٪ - مع بقاء الأكسجين عند ٢٠٪ - يثبط معدل تحلل الإنيولين جوهريًا.

وبينما يمكن لدرنات الطرطوفة أن تتحمل الحرارة المنخفضة، فإنها تتجمد على -٢,٢ °م.

لا تعد درنات الطرطوفة حساسة للإثيلين.

هذا ويكون مرد خسائر التخزين - غالبًا - إلى الكرمشة، والأعفان، والتبرعم، والتجمد، وتحلل الإنيولين، وتعد الكرمشة التى تحدث بسبب فقد الرطوبة أهم مصدر للخسائر، وهى تحدث فى الرطوبة النسبية المنخفضة، خاصة وأن جلد الدرنة رقيق ولا توجد به طبقة فلينية حامية كما فى درنات البطاطس (Kays ٢٠٠٤).

الظواهر والتغيرات المصاحبة للتخزين

التنفس

يتباين معدل تنفس درنات الطرطوفة حسب درجة الحرارة، كما يلى

الحرارة (°م)	معدل التنفس (مجم ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة)
صفر	١٠,٢
٥	١٢,٣
١٠	١٩,٤
٢٠	٤٩,٥

التزريع

تتباين فترة سكون درنات الطرطوفة باختلاف الأصناف، وحتى بين درنات النبات الواحد ويكون دخول الدرنات حالة السكون استجابة للحرارة المنخفضة أقل من حد معين (يكون – عادة – قريبًا من الصفر المئوى) ولفترة معينة وفى الظروف البيئية المناسبة تبدأ خلايا الدرنة فى الانقسام وتبدأ الدرنة فى التبرعم والحرارة المثلى لكسر حالة السكون تتراوح بين الصفر، و ٥°م، بينما تبطئ الحرارة الأعلى من ذلك (مثل ١٠ °م) كسر حالة السكون (Afek & Kays ٢٠٠٤).

التغيرات فى المواد الكربوهيدراتية

تحدث تغيرات كبيرة فى تركيب محتوى درنات الطرطوفة من المواد الكربوهيدراتية، بما يمكن أن يؤثر كثيرًا فى جودتها حسب الهدف من استعمالها ومن المهم أن نتذكر أن الإنيولين inulin – وهو المخزون الكربوهيدراتى للدرنات – ليس مركبًا واحدًا، وإنما هو سلسلة من الجزيئات التى تتباين فى طول سلاسلها، وهى التى تبدأ فى التفكك depolymerize أثناء التخزين، سواء أكان ذلك تخزينًا حقليًّا، أم بعد الحصاد ولدرجة التفكك تلك أهمية كبيرة إذا ما استعمل الإنيولين كبديل للدهن، أو كشراب غنى بالفراكتوز فكلما زادت درجة التفكك كلما انخفضت قدرة الإنيولين على محاكاة الدهون، وكلما انخفضت نسبة الفراكتوز إلى الجلوكوز، ثم بعد التحلل تعطى شرابًا أقل محتوى من الفراكتوز ويمكن أن يصل الانخفاض فى نسبة الفراكتور إلى الجلوكور من ١١ : ١ إلى ٣ : ١ (Afek & Kays ٢٠٠٤).

وقد حافظت درنات الطرطوفة على جودتها (من حيث محتواها من المادة الجافة) لمدة ٧ أسابيع من التخزين على ٤ ْم. وأعقب ذلك انخفاضٌ في محتوى الدرنات من المادة الجافة قدر في الصنفين Kharkov، و Violet de Rennes بنسبة ٠,١٩٪، و ٠,٢٦٪ أسبوعيًا – على أساس الوزن الطازج – على التوالي وفيما بين الأسبوعين السابع والثالث عشر من بداية التخزين كانت درنات الصنفين قد فقدت – على التوالي – ١٦,٧٪، و ١٩,١٪ من محتواها الابتدائي من المواد الكربوهيدراتية (Chekroun وآخرون ١٩٩٧)

الكاسافا

تحتوى جذور الكاسافا من الطرز الحلوة على أقل من ٥٠ مجم من حامض السيانيك HCN/كجم، بينما تحتوى جذور الطرز المرة – التى تكون أعلى محصولاً – على تركيزات أعلى من تلك.

تصبح جذور الكاسافا غير صالحة للتسويق في خلال ثلاثة أيام من حصادها إذا ما تركت في الجو العادى، ولكنه مع التداول والتخزين الجيدين يمكن أن تحتفظ الجذور بجودتها لمدة ٣٠ يومًا، بما يسمح بتصديرها عن طريق البحر

يجب أن تكون الجذور صلبة وممتلئة ومستقيمة بدرجة مقبولة، وخالية من الأضرار الميكانيكية والتحلل والتخطيط الوعائى vascular streaking. وتفضل الجذور التى لا يزيد طولها عن ٣٠ سم.

وتنظف الجذور بالتفريش والغسيل بالماء، ثم تجفف سطحيًا، وتشمع بشمع البارافين قبل أن تعبأ في كراتين.

تخزن الكاسافا على صفر–٥ ْم بعد تشميعها، مع المحافظة على رطوبة عالية نسبيًا في المخزن، حيث يمكن أن تبقى بحالة جيدة لمدة تزيد عن ٣٠ يومًا

وتنتج جذور الكاسافا الإثيلين بمعدل حوالى ١,٢ ميكروليتر/كجم على ٢٥ ْم

يعد التخطيط الوعائى vascular streaking أهم العيوب الفسيولوجية التى تظهر في جذور

الكاسافا – بعد الحصاد – كبقع زرقاء أو قرمزية عند قطع الجذور عرضيًا، وهو يحدث نتيجة لعمليات أكسدة فى الحزم الوعائية. ويحدث هذا التأكسد عند موقع القطع (عند الحصاد) والكسور والجروح التى تحدث عند سوء التداول، حيث يتأكسد الاسكوبولتين scopoletin، وهو مركب فينولى ويقل تأكسد الاسكوبولتين عند تشميع الجذور، ويزداد تأكسده عند تعرض الجذور للإثيلين بتركيز ٧٥ ميكروليتر/لتر من مصادر خارجية (Sargent ٢٠٠٤).

اليام

الحصاد

تصل النباتات إلى مرحلة النضج المناسبة للحصاد فى خلال ٦–٧ شهور فى النوع *Discorea rotundata*، وبعد مدة أطول تصل إلى ٨–١٠ شهور فى *D. alata*

ويفضل تأخير الحصاد لأطول فترة ممكنة نظرًا لأن الدرنات تستمر فى الزيادة فى الحجم ما بقيت النموات الخضرية، ولو حتى جزء يسير منها، ولا يوجد – عادة – ضرر من ترك الدرنات فى التربة دون حصاد حتى وإن استمر ذلك لمدة عام كامل وفى كثير من مناطق إنتاج اليام لا يجرى الحصاد إلا حسب الحاجة

وتمارس فى المناطق الاستوائية التى ينتج فيها اليام طرقًا متنوعة فى حصاده، منها الحصاد بعد موت النموات الخضرية مباشرة، أو ترك المحصول فى الأرض بعد موت النموات الخضرية وحصاد أجزاء من الحقل بصورة تدريجية حسب الحاجة، أو إزالة التربة من حول الدرنات – أثناء نموها – وحصاد بعضها أو حتى قطع أجزاء منها ثم الترديم عليها، حيث يكون النبات درنات جديدة، وتستكمل الدرنات التى قطعت جزئيًا نموها بعد التئام جروحها كذلك تحصد الدرنات الهوائية بمجرد بلوغها حجمًا مناسبًا للحصاد (عن Rubatzky & Yamaguchi ١٩٩٩)

يراعى إجراء الحصاد فى يوم صحو؛ حتى تجف الدرنات قبل تخزينها، ويحسن أن يكون تجفيفها فى الظل فى مكان دافئ جيد التهوية

التداول

يتعين تداول الدرنات بحرص أثناء الحصاد وعمليات التداول تجنبًا لخدشها وكسرها لأنها تكون غضة وسهلة الكسر.

وتعالج الدرنات بعد الحصاد بحفظها على حرارة ٢٩-٣٢°م ورطوبة نسبية ٩٠٪-٩٥٪ لمدة ٤-٨ أيام. ويسمح ذلك بالتئام الجروح، وتقليل الفقد الرطوبى والإصابة بالأعفان أثناء التخزين. ويتم العلاج بصورة عادية فى الظروف الطبيعية بالمناطق الاستوائية.

التخزين

يمكن تخزين الدرنات فى الجو العادى دون تبريد لمدة ٣-٤ شهور، ولكن يشترط توفير تهوية جيدة لتجنب الارتفاع الشديد فى درجة الحرارة من جراء التنفس (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

وأفضل الظروف لتخزين اليام هى حرارة ١٦°م ورطوبة نسبية ٧٠٪-٨٠٪ مع التهوية الجيدة ويمكن تحت هذه الظروف تخزين الدرنات - التى سبقت معالجتها جيدًا - لمدة ٦-٧ شهور بحالة جيدة، علمًا بأن الدرنات غير المعالجة لا تتحمل التخزين لفترة طويلة (عن Salunkhe & Kadam ١٩٩٨)

وأيًا كانت طريقة التخزين تجب مراعاة عدم انخفاض حرارة التخزين عن ١٥°م، أو ارتفاعها عن ٣٥°م (Coursey ١٩٧٤).

التغيرات التالية للحصاد

السكون، والتزريع، والفقد فى الوزن

تستمر فترة السكون لمدة ٢٠-١٢٠ يومًا بعد الحصاد، لكن يستمر الفقد فى الوزن خلال تلك الفترة - نتيجة لتنفس الدرنات - بمعدل يتراوح بين ٠,١٥، و ٠,٤٪ يوميًا (عن Norman وآخرين ١٩٩٥). ويزداد الفقد فى الوزن بالتنفس والتزريع بمجرد انتهاء فترة السكون.

تفقد الدرنات نحو ١٠٪–١٥٪ من وزنها خلال الأشهر الثلاثة الأولى من التخزين العادى، ويصل الفقد إلى ٣٠٪ بعد ستة أشهر، والذى يحدث معظمه نتيجة لتنفس الجذور وقد تسبب الإصابة بالعفن نسبة كبيرة منه

وإذا كانت درنات اليام مصابة بالنيماتودا عند حصادها فإن نشاط الآفة يستمر فى الدرنات بعد الحصاد وأثناء التخزين فى الجو العادى وعلى الرغم من أن معاملة الدرنات بالماء الساخن على ٥٠°م تقلل من أعداد النيماتودا، إلا أنها تتلف الدرنات كذلك

وأمكن تثبيط تزريع الدرنات فى المخازن بمعاملة النموات الخضرية – قبل الحصاد – بالماليك هيدرازيد maleic hydrazide (عن Rubatzky & Yamaguchi ١٩٩٩)

أضرار البرودة

يؤدى تخزين اليام فى حرارة تقل عن ١٢°م إلى إصابة الدرنات بأضرار البرودة التى تكون أسرع ظهورًا بانخفاض درجة الحرارة، حيث تزهر فى خلال خمسة أسابيع من تعرض الدرنات لحرارة ٥ أو ٧°م، وثلاث أسابيع على ٣°م، وخمسة أيام على حرارة ٢°م

ومن أهم أعراض أضرار البرودة ظهور تغيرات فى اللون، ثم تأخذ أنسجة الدرنة مظهرًا مائيًا، وتتحلل (عن Norman وآخرين ١٩٩٥)

الروتاباجا

اكتمال النمو للحصاد، والحصاد

تكون الجذور جاهزة للحصاد بعد نحو ٩٠–١٠٠ يوم من الزراعة، بالمقارنة بنحو ٥٠–٧٠ يومًا فى اللفت، ويتراوح قطر الجذور المناسبة للحصاد من ٨–١٥ سم

وقد أمكن التخلص من أوراق الروتاباجا قبل الحصاد بمعاملة النباتات بالإثيفون، لكن التركيز اللازم كان عاليًا بدرجة جعلت استخدامه غير اقتصادى وقد وجد

Poapast وآخرون (١٩٨٧) أن إضافة بيروكسى ثانى كبريتات الأمونيوم ammonium peroxydisulfate بتركيز ١٪ إلى الإثيفون أدت إلى زيادة فاعليته فى التركيزات المخففة التى تكون اقتصادية وترش النباتات بعد أن تصل الجذور إلى الحجم المناسب للحصاد.

يجب حصاد الروتاباجا وهى مكتملة التكوين، علمًا بأن الجذور غير المكتملة التكوين تكون مرة الطعم، كما يجب أن تحصد قبل أن تصبح متخشبة أو لُبية.

تكون جذور الروتاباجا الجيدة النوعية مكتملة التكوين، وذات قمة أرجوانية ملساء ورقبة صغيرة، وجذر وتدى مستقيم بأقل عدد ممكن من الجذور الجانبية كما يجب أن يكون الجزء المتضخم خالٍ من الخدوش والجروح، وصلب وطازج وحلو غير مر الطعم وثقيل بالنسبة لحجمه، وبغير ذلك يكون — غالبًا — متخشبًا

التنفس وإنتاج الإثيلين

يتفاوت معدل تنفس جذور الروتاباجا حسب درجة الحرارة كما يلى

الحرارة (°م)	معدل التنفس (مجم ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة)
صفر	٤-٦
٥	٨-١٢
١٠	٩,٥-١٩
١٥	٢٠-٣١
٢٠	٣٤-٤٠

ويقل إنتاج الجذور من الإثيلين كثيرًا إلى أقل من ٠,١ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٢٠°م (عن do Nascimento Nunes ٢٠٠٤).

التداول

يتم بعد الحصاد قطع النموات الخضرية إن لم يكن قد سبق قطعها، وتُقلّم الجذور، وتغسل ثم تشمع.

تُبرد الروتاباجا أوليًا بالماء المثلج مع وضع الثلج المجروش، أو بالدفع الجبرى للهواء، وقد يكتفى بمجرد وضع الجذور فى المخازن الباردة على الصفر المئوى

وقد تدرج جذور الروتاباجا قبل تخزينها.

وعلى الرغم من عدم الحاجة إلى تشميع جذور الروتاباجا لأجل تخزينها لفترات طويلة فإنها غالبًا ما تشمع قبل تسويقها لتحسين مظهرها ويجرى التشميع بغمس الجذور لمدة ثانية واحدة فى شمع بارافين ساخن، تبلغ حرارته ١٢١-١٣٢°م ويخفف الشمع عادة بزيت معدنى لجعله أقل قابلية للتشقق. يؤدى التشميع إلى تحسين مظهر الجذور، وتقليل فقدانها للرطوبة وانكماشها، لكن زيادة سمك طبقة الشمع عن اللازم قد تؤدى إلى انهيار أنسجة الجذر الداخلية

وإذا تم تشميع جذور الروتاباجا قبل تخزينها، فإنها لا يجب أن تخزن لأكثر من شهر أو شهرين

التخزين

تحتفظ جذور الروتاباجا (بدون العروش) بجودتها لمدة ٤-٦ شهور عند تخزينها فى درجة الصفر المئوى، مع رطوبة نسبية من ٩٨٪-١٠٠٪ وتساعد هذه الظروف على تقليل فقدان الرطوبة وانكماش الجذور ولا تعد جذور الروتاباجا حساسّة لأضرار البرودة.

يمكن أن تتحمل جذور الروتاباجا التجمد البسيط دون أن تحدث لها أضرار، بينما يؤدى التجميد الشديد إلى جعل الأنسجة مائية المظهر ثم تلونها بالبنى، ثم تخمرها ويبدأ تجمد الجذور على -١,٠ إلى -٠,٥°م

الكرفس اللفتى

تكون الجذور صالحة للحصاد عندما تبلغ حجمًا مناسبًا للتسويق

ويؤدى تأخير الحصاد إلى "تخويخ" الجزء المتضخم الذى يزرع من أجله المحصول، وقد يظهر فراغ واضح فى الجزء العلوى منه أسفل الساق القرصية.

يجرى الحصاد بتقطيع الجذر الوتدى للنباتات، ثم تفكيك الجزء المتضخم بالحراثة. ثم جذب النباتات يدويًا أو آليًا وقد تقطع النموات الخضرية قبل الحصاد أو تترك لتجذب منها النباتات

ويتطلب إعداد الكرفس اللفتى للتسويق إزالة الجزء الأكبر من النموات الخضرية وجميع الفروع الجذرية، ويتم ذلك يدويًا أو آليًا داخل طاحونة برميلية دوارة يجرى الغسيل قبل التقليم لإزالة التربة العالقة بالجذور، كما يجرى غسيل آخر بعد التقليم أو أثناؤه للتخلص من كل الأجزاء غير المرغوب فيها والمواد العالقة بالجذور (عن Rubatzky وآخرين ١٩٩٩)

ويمكن تخزين الكرفس اللفتى بحالة جيدة لمدة ٣-٤ أشهر فى حرارة الصفر المئوى، ورطوبة نسبية من ٩٠٪-٩٥٪

وتجدر الإشارة إلى أن ما يميز الكرفس اللفتى غناه بالمركبات المتطايرة التى لا تقل عن ٣٥ مركباً، وهى التى تكسبه نكهته المميزة، ومن أكثر تلك المركبات تواجدًا، ما يلى (Van Wassenhove وآخرون ١٩٩٠)

pyridine	3-methylbutanol
3-methyl-4-ethylhexane	Furfural
myrecene	β-pinene
limonene	p-cymene
gamma-terpinene	ocimene-x
senkyunolide	trans-neocnidine
ε-phalides	ε-terpenes

الجزر الأبيض

مرحلة النمو المناسبة للحصاد والحصاد

ينضج الجزر الأبيض بعد حوالى ٣,٥-٥ أشهر من الزراعة ويمكن ترك الجذور فى الأرض دون حصاد كطريقة للتخزين لحين تحسن حالة السوق، إلا أن تركها مدة أطول من اللازم يؤدى إلى تصلبها وقلة جودتها

هذا ويمكن أن تتعرض جذور الجزر الأبيض للتجمد الشديد دون أن تصاب بأضرار تذكر

ويساعد التعرض للبرد الشديد – إلى ما دون الصفر المئوى – فى الحقل قبل الحصاد – فى تحول مخزون الجذور من المواد الكربوهيدراتية إلى سكريات تحسن من طعم الجذور وحلاوتها. ويتساوى فى هذا الشأن تعرض النباتات لحرارة التجمد لمدة شهرين فى الحقل قبل الحصاد مع تعرض الجذور لحرارة صفر-١°م لمدة أسبوعين فى المخازن بعد الحصاد

يراعى عند الحصاد أن الجذور تتعمق فى التربة لمسافة ٢٥-٣٠ سم أو أكثر لذا فإن حصادها يحتاج إلى شوكة خاصة، وربما يلزم تفكيك التربة حولها بالمحراث أولاً وعمومًا فإن حصاد الجزر الأبيض لا يختلف عن حصاد الجزر

التداول

يحصد الجزر الأبيض كما يحصد الجزر كما أسلفنا يُراعى دائمًا تجنب إحداث الجروح والكدمات السطحية بالجذور تزداد صعوبة إزالة النموات الخضرية يدويًّا فى الجزر الأبيض عما فى الجزر بسبب ارتفاع أكتافه لتكوّن تجويفًا يحيط بقواعد الأوراق ويتطلب الأمر غالبًا إزالة منطقة التاج كلها، وهى التى تشمل الأكتاف والساق القرصية وقواعد الأوراق وقد يسوق الجزر الأبيض فى حزم يراعى دائمًا تقليم الجزء الرفيع السفلى من الجذر لأنه يكون أول أجزاء الجذر تعرضًا للفقد الرطوبى والذبول (عن Rubatzky وآخرين ١٩٩٩)

تزداد ظاهرة التلون البنى السطحى لجذور الجزر الأبيض بزيادة الأضرار (الكدمات والجروح) التى تتعرض لها الجذور أثناء الحصاد والتداول. وتختلف أصناف الجزر الأبيض فى مدى حساسيتها للإصابة بتلك الظاهرة، ويعد الصنف White Spear من أقل الأصناف قابلية للإصابة

قد تعبأ الجذور فى أكياس من البوليثيلين المثقب. وقد تدرج حسب رغبة المستهلك.

ويفيد غمر الجذور بعد الحصاد — وقبل التخزين — فى ماء يحتوى على كلوريد الكالسيوم، وحامض الأسكوربيك، وحامض الستريك فى خفض الإصابة بالتلون البنى إلى مستوى مقبول فى الأصناف المتوسطة القابلية للإصابة، مثل Javelin (Toivonen ١٩٩٢).

التخزين

يمكن تخزين جذور الجزر الأبيض (بدون عروش) — بحالة جيدة لمدة ٤-٦ أشهر — فى حرارة صفرْم، ورطوبة نسبية ٩٨٪-١٠٠٪ ويتحسن طعم الجذور فى خلال أسبوع واحد من التخزين؛ بسبب تحول جزء كبير من النشا المخزن بها إلى سكر، خاصة سكر السكروز ويجب إلا تخزن سوى الجذور السليمة الخالية من الإصابات الميكانيكية والمرضية

إن أهم مشاكل تخزين الجزر الأبيض الإصابة بالأعفان، والتلون السطحى البنى، والذبول وافقد الرطوبى ويفيد خفض درجة الحرارة إلى الصفر فى تأخير الإصابة بالأعفان والتلون البنى، بينما تفيد الرطوبة النسبية العالية فى خفض الفقد الرطوبى

ويؤدى تعرض الجزر الأبيض للإثيلين أثناء التخزين إلى زيادة محتوى الجذور من الفينولات وتكون طعم مر غير مقبول بها مثلما يحدث عند تعرض جذور الجزر للإثيلين (Shattuck وآخرون ١٩٨٨)



الفصل الرابع

البصل

نتناول بالدارسة في هذا الفصل محصول البصل الجاف (الأبصال)، أما محصول البصل الأخضر فنتناوله بالشرح في الفصل العاشر

مرحلة اكتمال النمو المناسبة للحصاد

تتراوح المدة اللازمة لنضج البصل من ٥-٧ أشهر من زراعة البذور، أو نحو ٣-٥ أشهر من لشتل، ويتوقف طول هذه الفترة على العوامل التالية

١- الصنف تتراوح المدة من زراعة البذور إلى النضج في الأصناف المصرية من ١٩٠ يوم في الصنف جيزة ٦ إلى ٢٥٠ يومًا في البصل البحيرى

٢- طول الفترة الضوئية حيث تؤدى زيادتها إلى إسراع النضج

٣- درجة الحرارة: تؤدى زيادتها إلى إسراع النضج

٤- قوام التربة. فيكون النضج أسرع في الأراضى الخفيفة

٥- الرطوبة الأرضية يؤدى نقصها إلى إسراع النضج

٦- الآزوت حيث يتأخر النضج مع وفرة العنصر

يتوقف نمو الجذور والأوراق عند النضج، بينما يستمر انتقال المواد الغذائية من الأبصال الأنبوبية. ومن الساق الكاذبة إلى الأبصال، ويؤدى استمرار ذلك إلى طراوة أنسجه اساق الكاذبة. ثم ميل الأنصال الأنبوبية نحو الأرض هذا ولا تنضج كل الأبصل في الحقل في وقت واحد، وإنما يظهر تفاوت طفيف فيما بينها. ويرجع ذلك إلى اختلاف الظروف البيئية التي تتعرض لها النباتات في الحقل، كما قد توجد اختلافات وراثية بين نباتات الصنف الواحد في هذا الشأن

ومن أهم علامات اكتمال التكوين المناسبة للحصاد، ما يلي:

١- طراوة أنسجة السوق الكاذبة، وانحناء أنصال الأوراق لأسفل

٢- بدء جفاف المجموع الخضرى

٣- جفاف الجذور.

هذا .. ويصبح محصول البصل جاهزًا للحصاد فى مختلف مناطق الزراعة فى مصر فى المواعيد التالية:

١- الوجه القبلى البصل الخريفى فى ديسمبر ويناير وفبراير، والبصل الشتوى فى فبراير ومارس

٢- مصر الوسطى البصل المقور فى يناير وفبراير.

٣- الوجه البحرى. البصل الشتوى فى مايو ويونيو، والبصل الصيفى فى يونيو

المعاملة بالماليك هيدرازيد لمنع التزريع بعد الحصاد

يدخل البصل بعد الحصاد فى فترة راحة تستمر لمدة ٤-٦ أسابيع تبعًا للصنف ويستعمل الماليك هيدرازيد رشًا قبل الحصاد لأجل منع التزريع أثناء التخزين الطويل الأمد، حيث ترش به النباتات عندما تكون الأبصال مكتملة التكوين وقد مالت أوراق ٥٠٪ من النباتات لأسفل، ولكن مازالت بها ٥-٨ أوراق خضراء لأجل امتصاص المركب ونقله إلى البصلة، ويكون ذلك – عادة – قبل الحصاد بنحو أسبوعين (Adamicki ٢٠٠٤).

الموعد المناسب للحصاد

تحديد الموعد المناسب

يعد أنسب موعد لتقليع نباتات البصل هو عندما تميل أوراق نحو ٥٠٪ من النباتات لأسفل، ومع ذلك فالحصاد يجرى – عادة – عندما تميل أوراق من ١٠٪ إلى ١٠٠٪ من النباتات ويتأثر الموعد المناسب للحصاد إلى حد كبير بدرجة الحرارة لسائدة وقت

الحصاد، فعندما تكون درجة الحرارة مرتفعة يمكن الحصاد عند ميل نحو ٢٥٪ من الأوراق لأسفل. وعندما يكون الجو باردًا يفضل الانتظار لحين ميل نحو ٥٠٪ من الأوراق، وأحيانًا لحين ميل كل الأوراق.

وقد وجد Wall & Corgan (١٩٩٤) أن أفضل وقت للحصاد كان عند رقاد أوراق ٨٠٪ من النباتات، وأدى تأخير الحصاد عن تلك المرحلة إلى زيادة وزن البصلة، ولكن ذلك كان مصاحبًا بنقص في صلابتها، وزيادة في نسبة الإصابات المرضية عند الحصاد وخلال الأسبوعين التاليين لذلك

تأثير موعد الحصاد على محصول الأبصال وصلاحيتها للتخزين

تقل صلاحية الأبصال للتخزين — بزيادة سرعة تزريعها — إذا أجرى الحصاد قبل ميل أوراق ٥٠٪ من النباتات إلى أسفل، أو بعد ميل أوراق أكثر من ٨٠٪ منها، وذلك في المناطق الباردة الرطبة أما في المناطق الجافة فإن أفضل وقت للحصاد يكون بعد تدلى أوراق جميع النباتات تقريبًا ويرتبط تأثير موعد الحصاد على سرعة التزريع بما تحتويه الأوراق من مانعات للنمو يتم انتقالها من أنصال الأوراق إلى قواعد الأوراق المتشحمة في البصلة أثناء نضجها (عن Brewster ١٩٩٤)

وأوضحت عديد من الدراسات أن محصول الأبصال يزداد بنحو ٣٠٪ إلى ٤٠٪ ما بين فترة بداية تدلى أوراق بعض النباتات إلى وقت شيخوخة جميع أوراق النباتات وفقدها لونها الأخضر ومع تأخير الحصاد تصبح رقبة البصلة أقل سمكًا، ولكن تزداد في الوقت ذاته الأبصال التي تتشقق حراشيفها الخارجية، مما يعرض هذه الحراشيف للانفصال بسهولة أثناء التداول والتخزين ولذا .. فإن الوقت الذى يناسب حصاد الأبصال وهي على درجة عالية من القدرة التخزينية هو عندما تكون الأوراق قائمة جزئيًا، وقبل الوقت الملائم للحصول على أعلى محصول بوقت طويل

كذلك أوضحت دراسات Fustos وآخرون (١٩٩٤) على خمسة أصناف من البصل أن

الحصاد المبكر قبل رقاد أوراق ١٠٠٪ من النباتات أدى إلى زيادة قدرتها على التخزين. وتقليل الفقد أثناء التخزين إلى درجة تعويض النقص فى المحصول — الناتج عن الحصاد المبكر — وزيادة وأدى قطع أنصال الأوراق قبل اكتمال جفافها إلى زيادة نسبة الإصابة بالأعفان أثناء التخزين ولعبت الحراشيف الخارجية الجافة دورًا أساسيًا فى زيادة القدرة التخزينية، وفى استمرار حالة السكون وقد ظلت الأبصال ساكنة لفترة أطول عندما كان تخزينها فى حرارة ٥°م، أو ٢٥°م، مقارنة بما كان عليه الحال عندما كان تخزينها فى درجات الحرارة الوسطية

وقد أدى حصاد البصل بعد ثلاثة أسابيع من ميل أوراق ٥٠٪ من النباتات، مع إزالة النموات الخضرية قبل معالجتها إلى حدوث أعلى نسبة من الأعفان فى المخزن وبينما أدى تأخير الحصاد إلى حين اكتمال تكوين الأبصال إلى زيادة دكنة لون الحراشيف الخارجية. فإنه أدى كذلك إلى نقص واضح فى عدد الحراشيف الخارجية التى لم تنفصل وبينما لم يؤثر وقت التخلص من نموات البصل على لون الحراشيف الخارجية، فإن إزالة تلك النموات قبل معالجة الأبصال أحدثت زيادة طفيفة فى عدد الأوراق الحرشفية الخارجية المتبقية مقارنة بعددها فى حالة إزالة النموات بعد المعاجلة ولذا فإن الوقت المناسب لحصاد البصل يتضمن موازنة بين لون الحراشيف واستمرار بقاءها ويمكن القول أن أفضل المارسات هى الحصاد عند ميل ٦٠٪–٨٠٪ من النموات، ثم المعالجة، ثم إزالة النموات بعد ذلك (Wright وآخرون ٢٠٠١)

مساوئ تبكير الحصاد

تتركز أهم مساوئ التبكير فى الحصاد عن الموعد المناسب فى عدم اكتمال انتقال المواد الغذائية من الأبصال الأنبوبية، والسوق الكاذبة فى الأنصال، مما يؤدى إلى نقص المحصول، كما أن التقليع المبكر تصاحبه زيادة فى نسبة الرطوبة فى الأبصال مما يتطلب فترة أطول لإجراء عملية العلاج التجفيفى وتكون الصفات التخزينية لهذه الأبصال رديئة، فتقل قدرتها على التخزين، وتصاب بالأمراض بسهولة، وتكون أعناقها سميكة وصلبة، وتتعرض للتزريع أثناء التداول والتخزين

مساوئ تأخير الحصاد

إن مساوئ تأخير الحصاد عن الموعد المناسب، هي كما يلي

١- تكوين جذور جديدة، فتقل جودة الأبصال

٢- زيادة فرصة تعرض الأبصال للإصابة بلفحة الشمس

٣- فقد الأبصال لحراشيفها الخارجية، خاصة عند تكون الندى، أو عند سقوط الأمطار، مما يؤدى إلى ضعف قدرتها على التخزين، وزيادة قابليتها للإصابة بالأمراض، وخاصة العفن الأسود وعفن القاعدة

٤- تهشم أعناق الأبصال الجافة، فتصبح مفتوحة ومعرضة للإصابة بالأمراض

هذا ويؤدى تأخير حصاد البصل لأكثر من ١٥ يومًا بعد ميل أوراق ٨٠٪ من النباتات إلى حدوث نقص فى المحصول (بسبب كثرة الإصابة بعفن القاعدة الفيوزارى) وفى وزن البصلة ونسبة المادة الجافة فيها، مقارنة بالحصاد خلال فترة الـ ١٥ يومًا الأولى بعد الصلاحية للحصاد، وخاصة إذا كانت النباتات قد قطعت جذورها بالشفرة عند ميل أوراق ٨٠٪ منها، وهى العملية التى تعرف باسم uprooting ولذا يتعين عدم تأخير الحصاد لأكثر من تلك الفترة مع تقطيع الجذور قبل الحصاد مباشرة (Wall & Corgan ١٩٩٩).

عملية الحصاد ومتطلباتها

تتوقف الطريقة التى تتبع فى حصاد البصل ومعالجته على الظروف البيئية السائدة وقت الحصاد. ففى المناطق الحارة الجافة يمكن معالجة البصل وتعبئته فى الأجولة فى الحقل أما فى المناطق الباردة الرطبة فإن البصل يُحصد آليًا، ثم يجفف ويهوّى صناعيًا

الطريقة التقليدية للحصاد

تجرى الطريقة التقليدية لحصاد البصل بجذب الأبصال من التربة — أو تقطيع جذورها — ثم وضع النباتات فى "مراود" windrows على التربة لحين جفافها وتمام

علاجها وفى المناطق التى تشتد فيها أشعة الشمس تلزم حماية الأبصال من الإصابة بلسعة الشمس، وذلك بتغطية الأبصال بالأوراق خلال فترة وضعها فى المرود، وإلا أدت أشعة الشمس القوية إلى موت الأنسجة المتشحمة الخارجية، وتشويه شكل الأبصال، وتهيئتها لاحتمالات الإصابة بالأعفان وتترك النباتات فى المراود – عادة – لمدة أسبوع واحد أو أسبوعين، قبل تقطيع أوراقها وتعبئة الأبصال فى الأجولة ويفيد إجراء العلاج بهذه الطريقة فى زيادة محتوى الأبصال من المواد الصلبة الذائبة الكلية

أما إذا كانت الأبصال مكتملة التكوين وأصبحت أعناقهـ شبه جافة وطريه، فإنه يمكن فى المناطق الجافة تقطيع الأوراق عند جذب النباتات من التربة، ثم ترك الأبصال فى مراود حقلية، أو مرصوصة فوق بعضها البعض فى الحقل، حتى يكتمل جفاف أعناقها

طريقة الحصاد فى المناطق الباردة الرطبة

يتم حصاد حقول البصل فى المملكة المتحدة وهولندا عند ميل أوراق نحو ٥٠٪–٨٠٪ من النباتات إلى أسفل – وذلك بجرّ الأوراق (كما يجر النجيل) وإزالتها من الحقل آليًا وإذا كان الجو صحوًا فإن الأبصال تترك فى مكانها فى الحقل لعدة ساعات حتى تجف أعناقها جزئيًا ويلى ذلك تقطيع الجذور من أسفل الأبصال – وهى فى التربة – آليًا كذلك – ثم ترفع الأبصال إلى عربة مقطورة ويتم فى هذه المرحلة – أو أثناء نقل الأبصال إلى التخزين بحالة سائبة – التخلص من الأحجار، وكتل التربة، والنباتات الأخرى التى قد تكون مختلطة بالأبصال

وفى المخازن توضع الأبصال على أرضية ألواح تفصل بينها مسافات ضيقة، بعمق ٣,٥–٤ أمتار، وتتم التهوية والتجفيف معًا بدفع تيار من الهواء خلال الأبصال تتراوح حرارته بين ٢٥ و ٣٠°م، ورطوبته النسبية بين ٢٥٪ و ٣٥٪، وذلك بمعدل ٤٢٥م³/ساعة/طن من البصل؛ لأجل إزالة الرطوبة السطحية سريعًا، وتجفيف أعناق الأبصال؛ الأمر الذى يفيد فى عدم اكتساب حراشيف الأبصال لونًا داكنًا. وفى عدم تعفن أعناقها

وبعد جفاف الأبصال سطحيًا – بحيث يعطى احتكاك الحراشيف ببعضها بعضًا خشخشة مسموعة – فإن الهواء المدفوع خلال الأبصال يمكن إعادة دفعه من جديد، مع خلطه بالهواء الخارجى بالقدر الذى يكفى للمحافظة على رطوبته النسبية أقل من ٧٥٪ ويفيد استمرار التجفيف البطئ على ٢٥–٣٠°م، مع ٧٠٪–٧٥٪ رطوبة نسبية فى جعل أعناق الأبصال مكتملة الجفاف وحراشيفها جيدة اللون، ويستغرق ذلك – عادة – بين ١٠ و ١٥ يومًا وتجدر الإشارة إلى أن تعريض الأبصال لحرارة تزيد عن ٢١°م يؤدى إلى زيادة دكنة لون حراشيف البصل، وأن شدة الدكنة تزداد بزيادة الارتفاع فى درجة الحرارة، ولذا فإن التجفيف على حرارة ٢٥–٣٠°م يفيد – خاصة – مع الأصناف ذات الأبصال الفاتحة اللون، التى تكتسب لونًا بنيًا مصفرًا عقب تجفيفها

وعند اكتمال جفاف أعناق الأبصال يتم خفض الحرارة سريعًا باستعمال هواء بارد من الجو الخارجى ليلاً، ثم يحافظ على الحرارة منخفضة أثناء تخزين الأبصال بعد ذلك، ولكن مع مراعاة ألا تصل إلى درجة التجمد (عن Brewster ١٩٩٤).

طرق الحصاد فى المناطق الحارة الجافة

تتوقف الإجراءات التى تتبع قبل الحصاد، وأثناءه، وبعده فى كاليفورنيا – التى تمثل المناطق الحارة الجافة – على الغرض من الزراعة وطريقة الحصاد كما يلى (عن Voss ١٩٧٩)

١– بالنسبة لأبصال التجفيف تجب مراعاة ما يلى:

(أ) يوقف الرى عند ظهور بوادر ميل الأوراق لأسفل، على ألا يتأخر ذلك عن المرحلة التى تميل فيها ١٠٪ من الأوراق.

(ب) تقطع النموات الخضرية بآلة ذات أسلحة دوارة بمجرد جفاف التربة، وميل كل النموات النباتية وجفافها.

(جـ) تترك الأبصال فى التربة للعلاج الحقلى مدة ٥–١٠ أيام، ويمكن تغطية الأبصال المكشوفة بالتربة حتى لا تتعرض للإصابة بلفحة الشمس

(د) تقطع جذور النباتات آليًا من تحت الأبصال بنحو ٥ ٢-٥سم، ويجرى الحصاد آليًا

(هـ) تنقل الأبصال بعد ذلك إلى الشاحنات ثم إلى مصانع التجفيف

وتجدر الإشارة إلى أن حقول أبصال التجفيف تكون زراعتها كثيفة وتكون رقاب أبصالها صغيرة، مما يساعد على سرعة إتمام عملية العلاج.

٢- بالنسبة لأبصال التسويق الطازج التى تحصد يدويًا . تجب مراعاة ما يلى

(أ) يوقف الرى مع بداية ميل الأوراق لأسفل، على ألا يتأخر ذلك عن المرحلة التى يميل فيها ٢٥٪ من الأوراق، ويتوقف ذلك على سعر البصل بالأسواق

(ب) تقطع جذور النباتات آليًا من تحت الأبصال بنحو ٥ ٢-٥ سم

(جـ) تجذب النباتات يدويًا، ثم تقطع النموات الخضرية والجذرية، وتعبأ فى أجولة

(د) تترك الأبصال بالأجولة في الحقل لحين علاجها، ويستغرق ذلك مدة تتراوح من ٣-١٤ يومًا حسب درجة الحرارة

(هـ) يشحن البصل وهو فى نفس الأجولة، أو يُفرَّغ فى الشاحنات أو يَدرَّج إلى أحجام، ثم يعبأ ثانية

٣- بالنسبة لأبصال التسويق الطازج التى تحصد آليًا تجب مراعاة ما يلى

(أ) يوقف الرى مع بداية ميل الأوراق لأسفل، على ألا يتأخر ذلك عن المرحلة التى يميل فيها ٢٥٪ من الأوراق

(ب) تقطع النموات الخضرية بآلة ذات أسلحة دوارة، وتقطع جذور لنباتات تحت الأبصال بنحو ٥ ٢-٥ سم، ويجرى الحصاد فى عملية واحدة

(جـ) تنقل الأبصال إلى مكان مناسب للتخلص مما قد يكون متروكًا بها من جذور أو نموات خضرية

(د) يجرى العلاج التجفيفى للأبصال وهى فى أوعية كبيرة تسمح بتخلل الهواء فيها بحرية، ويكون ذلك إما فى الحقل، أو فى محطة التعبئة، أو فى المخازن

(هـ) تنقل الأبصال بعد ذلك إلى محطات التعبئة للتدريج والتعبئة

هذا وقد تُقلّع الأبصال بنمواتها الخضرية، ثم تترك فى الحقل وهى مكوّمة فى خطوط (Windrows) بطريقة تسمح بتغطية لأبصال بالعروش، حتى لا تتعرض للإصابة بلسعة الشمس. وتترك النباتات على هذا الوضع لحين جفاف الأوراق. وهو الأمر الذى يتطلب من ٣-١٤ يومًا حسب درجة الحرارة وتحتوى الأبصال التى تقلّع بهذه الطريقة على نسبة أعلى من المادة الجافة عن مثيلاتها التى تزال منها النموات الخضرية قبل الحصاد. وربما يرجع ذلك إلى أن الأبصال التى تقلّع بنمواتها تفقد كميات أكبر من الماء كما قد تنتقل إليها المواد الغذائية من الأوراق قبل جفافها وتقطع الأوراق بعد جفافها إما يدويًا، وإما آليًا، ويترك فقط من ٥ ١-٥ ٢ سم من أعناق الأوراق للمساعدة فى غلق أعناق الأبصال جيدًا، فلا تتعرض للإصابة بأمراض العفن.

العلاج التجفيفى

يقصد بالعلاج التجفيفى، أو المعالجة، أو (التسميط) Curing العملية التى تجرى بغرض التخلص من الرطوبة الزائدة فى الأبصال، مع تجفيف رقبة البصلة وحراشيفها الخارجية وهى عملية ضرورية لا غنى عنها فى حالة تخزين المحصول، أو شحنه لمسافات بعيدة، أو حتى فى حالة إعداده للتسويق الطازج، وذلك لأن المعالجة تقلل من فرصة الإصابة بالأمراض وخاصة مرض عفن الرقبة.

وتعتبر عملية المعالجة مكتملة عندما تصبح رقبة البصلة تامة الالتئام وحراشيفها الخارجية تامة الجفاف، بحيث إنها تعطى صوتًا مميزًا عند احتكاكها ببعضها البعض وتصل الأبصال إلى هذه الحالة بعد أن تفقد من ٣٪-٥٪ من وزنها

المعالجة فى الحقل

تجرى عملية العلاج التجفيفى فى مصر بعد الحصاد مباشرة، وهو الذى يجرى عند رقاد عروش حوالى ٥٠٪ من النباتات بالحقل وتتم المعالجة بنقل النباتات إلى مكان هاو مظلل، حيث توضع فوق بعضها البعض بارتفاع نصف متر فى (مراود)، مع تغطية الأبصال بأوراق النباتات حتى لا تتعرض للإصابة بلفحة الشمس. وتترك الأبصال على

هذا الوضع لمدة ٢-٣ أسابيع. ويقوم المزارعون بقطع المجموع الخضرى والجذرى بعد الحصاد مباشرة، ثم تترك الأبصال (منشورة) على هيئة (مسطاح) بضعة أيام وهى معرضة للشمس، ولكن لا ينصح بزيادة مدة التعريض للشمس لأكثر من يومين حتى لا تصاب الأبصال بلفحة الشمس.

كما يقوم بعض مزراعى الوجه القبلى بمعالجة البصل بطريقة التسميط. وهى طريقة تتضمن المعالجة، مع التخزين المؤقت إلى أن تتحسن الأسعار، ويجرى ذلك بوضع النباتات رأسية ومتجاورة فى صفوف (مراود) مستطيلة ضيقة فى جزء من الحقل، وتغطى جوانب المراود بالتراب، مع الحرص على تغطية كل الأبصال الظاهرة، وترك المجموع الخضرى معرضًا للشمس والهواء وتترك النباتات على هذا الوضع إلى أن يجف المجموع الخضرى، أو إلى أن تتحسن الأسعار، حيث يزال التراب، ثم تقطع الأوراق والجذور

تتوقف فترة العلاج التجفيفى على الظروف الجوية السائدة وقت الحصاد ونظرًا لجفاف الجو، وارتفاع درجة الحرارة أثناء وقت الحصاد فى مصر، لذا فإن عملية المعالجة لا تستغرق أكثر من ٢-٣ أسابيع، إلا أن هذه الفترة تزداد إلى ٤ أسابيع فى المناطق الأكثر برودة، أو الأكثر رطوبة وقد يتطلب الأمر تعبئة البصل فى أجولة واسعة المسام، ثم يترك فى مخازن يمر فيها تيار من الهواء الدافئ الذى تبلغ حرارته ٤٨°م لمدة ١٦ ساعة، وذلك إن لم تسمح الظروف الجوية بإجراء عملية المعالجة

وتبدأ عملية العلاج التجفيفى فى كاليفورنيا قبل الحصاد، وذلك بمنع الرى (وهو الإجراء الذى يتبع فى مصر أيضًا)، وتقطيع الجذور تحت الأبصال؛ مما يؤدى إلى الإسراع بعملية المعالجة، كما أن ترك البصل فى الحقل بعد تقليعه هو فى واقع الأمر عملية معالجة، ومن المعالجة كذلك أن يترك البصل فى الحقل فى أجولة، أو فى عبوات كبيرة جيدة التهوية، ويعد ذلك كله كافيًا إذا كانت الظروف الجوية من حرارة ورطوبة مناسبة لإجراء هذه العملية

وقد قارن Pandey وآخرون (١٩٩٢) طرقاً مختلفة لعلاج البصل وتخزينه تضمنت التخزين بدون معالجة، والمعالجة فى الشمس لمدة ١٣ يومًا بعد الحصاد قبل قطع النموات الخضرية أو بعده، والمعالجة فى مجففات شمسية لمدة ١٠ أيام على رارة ٣٠-٣٦°م قبل قطع النموات الخضرية – كذلك – أو بعده، وذلك قبل التخزين – بالنموات الخضرية الجافة، أو بدونها – فى الظل – تحت ظروف الجو العادى لمدة ٤ شهور وقد أعطت معاملة المعالجة فى الشمس بالنموات الخضرية ثم التخزين بالنموات الخضرية أقل نسبة فقد بسبب التزريع، وأقل نسبة فقد كلى، والتى بلغت فى هذه الدراسة ٥٠،٤٧٪ بعد ٤ شهور من التخزين.

المعالجة المشتركة بين الحقل والمخزن

عندما يرغب فى تخزين البصل فإنه يجفف جيدًا أولاً، ويعالج فى الحقل أو تحت مظلة أو فى المخزن. وبعد أسبوعين من التجفيف الحقلى فإنه يمكن نقل البصل إلى حجرات التخزين لأجل التجفيف النهائى والمعالجة. ويتم ذلك بالدفع الجبرى للهواء الخارجى إذا كانت حرارته بين ٢٥، و ٢٧°م ويمكن ترك البصل فى كومات على أرض المخزن بارتفاع ٣-٤م أو فى صناديق سعة ٥٠٠-١٠٠٠ كجم ويكون التجفيف تامًا عندما تصبح الرقبة جافة ومقفلة جيدًا، والحراشيف الخارجية جافة ويكون لها صوت خشخشة عند ملامستها، مع تجانس لون القشرة ويحدث حوالى ٣٪-٥٪ فقد فى الوزن أثناء التجفيف

ولا يمكن تخزين البصل المعبأ فى زكائب لأكثر من شهر نظرًا لصعوبة تخلل الهواء للزكائب بالقدر الذى يسمح بتوفير ظروف تخزينية جيدة (Adamicki ٢٠٠٤)

المعالجة فى المخازن

إذا أجرى الحصاد قبل إجراء عملية العلاج، ثم نقلت الأبصال من الحقل قبل معالجتها بسبب ارتفاع الرطوبة الجوية، أو انخفاض درجة الحرارة وقت الحصاد، فإنه لابد فى هذه الحالة من إجراء عملية العلاج التجفيفى، وذلك بدفع تيار من الهواء

الدافئ خلال الأبصال ويمكن أن تتحمل الأبصال درجة حرارة تصل إلى ٤٦ أو ٤٧°م لمدة ١٢–١٤ ساعة دون أن يحدث لها أى ضرر. وتجرى المعالجة بدفع تيار من الهواء تتراوح حرارته بين ٣٢°م و ٣٥°م، بمعدل ١–٢م³ فى الدقيقة لكل متر مكعب من حيز المخزن، ويستمر ذلك لمدة ١–١٤ يومًا حسب درجة نضج الأبصال عند بدء العلاج وإن لم تكن درجة حرارة الهواء مرتفعة إلى هذا الحد، فإنه يمكن إسراع عملية المعالجة بزيادة السرعة التى يدفع بها الهواء فى المخزن

ويستحسن أن تتراوح الرطوبة النسبية للهواء المستخدم من ٦٠٪–٧٠٪. وذلك لأن الرطوبة النسبية الأقل من ذلك تجعل الحراشيف رديئة اللون، وتؤدى إلى فقد نسبة كبيرة منها، بينما تؤدى الرطوبة النسبية الأعلى من ذلك إلى بطء عملية التجفيف، وزيادة فرصة الإصابة بالأمراض

وأفضل الظروف لإجراء عملية المعالجة هى حرارة لا تقل عن ٢٤°م، مع رطوبة نسبية ٧٥٪–٨٠٪، أو بالدفع الجبرى للهواء على ٣٠–٤٥°م لمدة ١٢ ساعة

ويمكن أن تجرى عملية المعالجة بهذه الطريقة، بينما يكون البصل معبأ فى عبوات كبيرة جيدة التهوية، أو موضوعًا على شكل أكوام فى المخزن

وأهم دليل على اكتمال معالجة البصل هو جفاف العنق كاملاً، وعدم استجابته للضغط عليه بين السبابة والإبهام، فلا ينضغط ثم يعود إلى حالته قبل الضغط عليه وتؤدى تعبئة البصل قبل الوصول إلى تلك الحالة إلى سرعة إصابته بالأعفان، وبخاصة عفن الرقبة

وفى محاولة لتقليل الطاقة التى تستنفذ فى معالجة البصل فى المملكة المتحدة (حيث يعالج البصل بتعريضه لحرارة ٢٨°م، مع ٦٥٪–٧٥٪ رطوبة نسبية لمدة ستة أسابيع). دُرس تأثير خفض حرارة المعالجة حتى ٢٠°م قبل تخزينه على ١ ± ٠.٥°م لمدة سبعة شهور وقد وجد أن ذلك الخفض لحرارة المعالجة (من ٢٨ إلى ٢٠°م) لم يكن مؤثرًا على لون البصل الأحمر لا بعد المعالجة مباشرة ولا بعد التخزين لمدة سبعة شهور، بينما كان

البصل البنى أدكن لونًا بعد المعالجة – مباشرة – عندما أجريت على ٢٨°م، مقارنة بحرارة ٢٠°م (Downes وآخرون ٢٠٠٩)

ويستدل من الدراسات التى أجريت على تأثير كل من الإثيلين والـ 1-methylcyclopropene (اختصارًا: 1-MCP) أن المعاملة بأى منهما بتركيز ١٥ ميكروليتر/لتر من الإثيلين، أو ميكروليتر واحد/لتر من الـ 1-MCP لمدة ٢٤ ساعة – فقط – (قبل المعالجة أو بعدها على ٢٨°م لمدة ستة أسابيع) تكفى لتثبيط تزريع الأبصال أثناء تخزينها على صفر–١°م لمدة ٣١ أسبوعًا (على الرغم من التعارض الظاهر من كون الـ 1-MCP يعد مثبطًا لفعل الإثيلين) هذا إلا أن سمك قشرة البصلة ونفاذيتها للغازات – وهما صفتان تتأثران بالصنف والمعالجة – يمكن أن تؤثرا فى نفاذية الإثيلين والـ 1-MCP، وبالتالى فى تأثيرهما كمثبطات للتبرعم (Downes وآخرون ٢٠١٠)

عمليات الإعداد للتسويق

تعتبر عملية الفرز من أهم عمليات إعداد البصل للتسويق وهى تبدأ عند الحصاد، حيث يسهل حينئذٍ فرز واستبعاد الأبصال الحنبوط (أى ذات الحامل النورى)، كما يستمر الفرز أيضًا بعد المعالجة الحقلية، وأثناء تعبئة المحصول قبل التسويق، إذ يتم التخلص من الحراشيف الخارجية المتدلية، والتراب، وكتل الطين المختلطة بالأبصال، حتى تصبح براقة ونظيفة

ويلى ذلك إجراء العمليات التالية:

١– تفرز الأبصال (الحنبوط)، وتوضع جانبًا ليكون تسويقها مستقلاً عن باقى المحصول

٢– يجرى تقطيع أعناق الأبصال بسكين، بحيث يكون القطع فى المنطقة الرخوة، على أن يترك من العنق من ١,٥–٢,٥ سم. وذلك لأن التقطيع الجائر يؤدى إلى تحليق الأبصال، وقطع جزء منها، وتعرضها للإصابة بالأمراض والحشرات، والتلف أثناء

التداول، بينما يعتبر ترك أعناق طويلة نوعًا من الغش التجارى يسئ إلى الصفات التصديرية للأبصال

٣- تقطع الجذور أيضًا مع الأعناق فى عملية واحدة

٤- يتم أثناء ذلك فرز الأبصال بحيث تُستبعد منها جميع الأبصال غير المرغوب فيها، وهى التى تندرج ضمن الفئات التالية:

أ- الأبصال المزدوجة المقفولة doubles، أو (الصندوق)

ب- الأبصال المزدوجة المفتوحة splits.

جـ- الأبصال المخالفة للون الصنف، مثل: البيضاء (الشامية)، والحمراء (الصهبة)

د- الأبصال ذات الأعناق السميكة thitknecks

هـ- الأبصال التى كونت شمراخًا زهريًا (الحنبوط)

و- الأبصال غير المنتظمة الشكل

ز- الأبصال المتأثرة بالرطوبة الأرضية (الساخنة) أو (العرقانة)

حـ- الأبصال المصابة بلفحة الشمس (المسلوقة)

ط- الأبصال التى بدأت فى الإنبات (المزرَّعة)

ى- الأبصال المقطوعة والمجروحة والمقشورة

ك- الأبصال غير التامة النضج (الخضراء)

ل- الأبصال المسحوبة (البلحة)

م- الأبصال المصابة بالأمراض، والأبصال المتعفنة

٥- تنشر باقى الأبصال بعد ذلك فى الحقل فى طبقة رقية (مسطاح) لمدة يومين فى الشمس، حتى يكتمل جفاف الأعناق وقفلها (وهو ما يعرف بالتشميع)، وحتى تأخذ الأبصال لونها الجيد

٦- تعبأ بعد ذلك الأبصال الجيدة فى الأجولة المخصصة للبصل، بحيث لا تكون ناقصة حتى لا تتعرض للتقشير، ولا تكون مكبوسة حتى لا تتعرض للاحتكاك الشديد أثناء التداول

٧- قد تجرى عملية التدريج قبل التعبئة .. وسوف يناقش هذا الأمر فى نهاية هذا الفصل تحت موضوع التصدير.

ومن أهم مميزات عمليتى الفرز والتدريج، ما يلى:

أ- سهولة تحديد الأسعار حسب الرتب والحجم

ب- زيادة صلاحية الأبصال للتخزين.

جـ- خفض تكاليف التعبئة والشحن باستبعاد الأبصال غير الصالحة للتسويق.

د- يمكن خلط الأبصال المتشابهة فى الرتبة والحجم عند الشحن أو التصدير

العوامل المؤثرة فى القدرة التخزينية للأبصال

تتأثر القدرة التخزينية للأبصال بعديد من العوامل، نذكر منها ما يلى:

١- معدلات التسميد أثناء إنتاج المحصول.

تنخفض صلاحية الأبصال للتخزين بزيادة معدلات التسميد الآزوتى وبنقص معدلات التسميد البوتاسى (Jitendra Singh & Dhankhar ١٩٩١، و El-Gizawy وآخرون ١٩٩٣)، وعند التسميد بالنيتروجين خلال مرحلة اكتمال تكوين الأبصال (عن Kopsell & Randle ١٩٩٧).

ويؤدى انخفاض مستوى التغذية بالكبريت إلى انخفاض محتوى الجدر الخلوية للبصل من العنصر، وتكون الأبصال المنتجة فى هذه الظروف أقل حرافة وأقل صلابة؛ الأمر الذى قد يترتب عليه ضعف قدرتها على التخزين (Lancaster وآخرون ٢٠٠١).

٢- معدلات الرى:

تقل قدرة الأبصال على التخزين بزيادة مياه الرى، وخاصة قرب انتهاء مرحلة اكتمال تكوين الأبصال.

٣- طريقة الحصاد:

تزداد القدرة على التخزين إذا أجرى الحصاد عند رقاد أوراق ٥٠٪-٨٠٪ من

النباتات، مقارنة بالقدرة التخزينية عند إجراء الحصاد خلال مراحل الرقاد الأقل، أو الأكثر تقدمًا عن ذلك

وتنخفض القدرة على التخزين فى حالة قطع الجذور بعد الحصاد مباشرة، أو قطع الأوراق قبل جفاف أعناق الأبصال

٤- المعالجة

سبقت مناقشة هذا الموضوع بالتفصيل

٥- التعرض للرطوبة الحرة (الماء):

إذا ابتلت حراشيف الأبصال بعد الحصاد فإن ذلك قد يعرضها لنمو الفطريات عليها، وخاصة فطر *Botrytis cinerea* الذى يؤدى إلى اكتسابها لونًا غير مرغوب فيه وتؤدى ملامسة الأبصال – عند ابتلالها – لأوراق متحللة إلى ازدياد هذه الحالة سوءًا

كذلك يؤدى تعرض قاعدة البصل للرطوبة إلى تحفيز التجذير، الذى يحفز – بدوره – تبرعم الأبصال ولذا، فإن سقوط الأمطار على الأبصال المكتملة التكوين – قبل حصادها أو بعده – يفقدها رونقها، ويؤثر سلبيًا على صلاحيتها للتخزين

٦- الأضرار الفيزيائيه

تحدث الأضرار الفيزيائية نتيجة لعدم العناية بتداول البصل أثناء الحصاد وبعده، حيث يمكن أن تجرح الأبصال أثناء الحصاد، ويمكن أن تخدش بالاحتكاك الشديد مع الأجسام الصلبة أثناء عمليات التداول، أو بفعل ثقل الأبصال العليا على الأبصال السفلى عند تخزين البصل بارتفاعات تزيد عن ثلاثة أمتار تؤدى مختلف الجروح والخدوش إلى فقد الحراشيف الخارجية، وزيادة الفقد الرطوبى من الأبصال، وزيادة معدل التنفس وسرعة التزريع كما قد تؤدى إلى زيادة احتمالات الإصابة بالأعفان

وقد أدى تجريح الأبصال ميكانيكيًا بعد معالجتها (مثل إسقاطها على سطح صلب من ارتفاع ٨٠ سم، أو قطعها عموديًا بعمق حوالى ٥ مم) إلى زيادة نسبة الفقد – بعد ٥ شهور من التخزين على حرارة ٢٤ ± ٢°م، ورطوبة نسبية من ٤٠٪ إلى ٥٠٪ – بملا

يقل عن الضعف مقارنة بمعاملة الكنترول التي لم تجرح فيها الأبصال (Yoo & Pike ١٩٩٥).

٧- فقد الحراشيف الجافة الخارجية:

تفقد بعض الأصناف حراشيفها الخارجية الجافة بسهولة، كما تتشقق حراشيف بعضها الآخر، ويؤدى ذلك إلى تدهور مظهر الأبصال وقيمتها التسويقية. كما يؤدى فقد الحراشيف إلى مضاعفة معدل الفقد في الوزن، وتحفيز التزريع.

ويبدأ فقد الحراشيف الخارجية الجافة بتشققها نتيجة لسوء التداول في أى مرحلة من مراحل الحصاد والإعداد أو التسويق، ويلى ذلك انفصال الحراشيف جزئيًا أو كليًا. كذلك يحدث الفقد نتيجة للتغيرات التى تحدث فى شكل الأبصال بسبب التجذير الداخلى وما يصاحبه من نمو فى الساق القرصية، واختراق لقواعد الحراشيف

٨- الصنف:

تختلف الأصناف فى قدرتها التخزينية، ويكون مرد ذلك إلى اختلافها فى فترة سكون أبصالها، وفى سرعة فقدها للرطوبة، وفى قابليتها للإصابة بالأمراض، وفى محتواها من المادة الجافة والسكريات.

وقد وجدت علاقة جوهرية موجبة بين نسبة المادة الجافة فى مختلف أصناف البصل وبين قدرتها على التخزين، وكانت هذه القدرة أعلى عند زيادة نسبة السكريات غير المختزلة إلى السكريات المختزلة.

كما وجد Rutherford & Whittle (١٩٨٤) علاقة موجبة بين محتوى الأبصال من الفراكتوز عند الحصاد وبين قدرتها على التخزين، وعلاقة أخرى سالبة بين وزن البراعم (مبادئ الأوراق والحراشيف الداخلية) والقدرة على التخزين. كما ارتبط نشاط إنزيم الإنفرتيز alkaline invertase إيجابيًا مع القدرة على التخزين. وقد تمكن الباحثان من التنبؤ بفترة التخزين من تقديرات محتوى الأبصال من الفراكتوز عند الحصاد.

وسائل زيادة القدرة التخزينية للأبصال

إن أهم الوسائل التى تتبع لزيادة القدرة التخزينية للأبصال، هى

١- إجراء عملية الحصاد فى المرحلة المناسبة من النضج، وبصورة سليمة

٢- إجراء عملية العلاج التجفيفى بصورة جيدة

٣- تداول الأبصال بحرص وفرزها بعناية لاستبعاد المصابة منها بالأمراض.

وإلى جانب ذلك، فإن زيادة القدرة التخزينية للبصل يمكن أن تتحقق من خلال واحدة أو أكثر من المعاملات التالية.

المعاملة بالهواء الساخن

وجد Thamizharasi & Narasimham (١٩٩٣) أن تعريض الأبصال لتيار من الهواء بلغت حرارته ٤٧-٥٠°م لمدة ٢-٤ ساعات قبل تخزينها على حرارة ٢١ ± ١°م لمدة ٤-٥ شهور أدى إلى نقص نسبة الإصابة بالأعفان إلى ٢,٨٪ فقط وكان تأثير المعاملة قويًا فى الحد من الإصابة بالفطر *Aspergillus niger* ولم تكن لهذه المعاملة تأثيرات ضارة على الأبصال، بينما أضيرت الأبصال التى تعرضت لتيار من الهواء بلغت حرارته ٨٠°م لمدة ٣٠ دقيقة، أو ٦٠°م لمدة ساعة

التبخير بالكبريت

أدى تبخير البصل بالكبريت بمعدل جرامين لكل كيلوجرام من الأبصال إلى تقليل الفاقد الناتج من الإصابات المرضية (معبرًا عنه بالوزن) أثناء التخزين جوهريًا، وذلك مقارنة بعدم المعاملة (الكنترول)، أو مقارنة بالمعاملة ببعض المبيدات الفطرية أو البكتيرية، وهى المانكوزب (٠,٢٥٪) والكربندازيم (١ ٠٪)، والكبتن (٢ ٠,)، والاستربتوسيكلين (٠,٠٥٪) (Padule وآخرون ١٩٩٦)

المعاملة بالإشعاع

تؤدى المعاملة بأشعة جاما إلى منع انقسام الخلايا فى القمة النامية للبصلة، ومنع

تزريعها. مثلما يحدث عند المعاملة بالماليك هيدرازيد. وتتراوح الجرعة المناسبة من التعرض للإشعاع بين ٢٠ و ١٥٠ Gy (الـ Gray الواحدة (Gy) = ١٠٠ راد Rad). ولا تُحدث الجرعة في هذا المدى أى تأثير على طعم الأبصال أو محتواها من المركبات الغذائية، ولكن الجرعات الأعلى كثيرًا عن ذلك يمكن أن تقلل محتوى الأبصال من المركبات المسئولة عن النكهة المميزة.

ولكى تكون المعاملة بالإشعاع فعالة فإنها يجب أن تجرى بعد الحصاد مباشرة خلال فترة سكون الأبصال ويؤدى التأخير في إجراء المعاملة إلى ضعف كفاءتها؛ نظرًا لأن البراعم تكون قد نمت داخليًا. وتتوقف الفترة التى يمكن أن تمر قبل المعاملة على الصنف وفترة سكونه، ودرجة حرارة التخزين التى يوضع فيها البصل لحين معاملته، وهى تتراوح بين شهر واحد وثلاثة شهور.

وقد وجد El-Gizawy وآخرون (١٩٩٣) أن معاملة البصل صنف جيزة ٢٠ بجرعة مقدارها ٤، أو ٦، أو ٨ كيلو راد krad من أشعة جاما أدت إلى منع التزريع كلية أثناء التخزين لمدة ٩ شهور في ظروف تخزينية تذبذبت فيها الحرارة بين ١٢ و ٣٧°م، والرطوبة النسبية بين ٣٥٪ و ٨٦٪.

وبينما يكون تزريع البصل أقل ما يمكن في حرارة ٢٦-٣٢°م، ويزداد في حرارة ٤-٢٠°م، وكذلك في حرارة متقلبة بين ٢٠، و ٣٠°م، فإن تعريض البصل لأشعة جاما بجرعة ٦-٩ كيلوراد يؤدى على تثبيط التزريع أثناء التخزين في كل الظروف الحرارية المذكورة أعلاه بشرط أن تتم المعاملة خلال الأربعة عشر يومًا الأولى بعد الحصاد حينما تكون الأبصال في حالة سكون. ويصاحب الإشعاع تغيرات في لون مركز البصلة الذى يحدث فيه النمو (Thomas وآخرون ١٩٧٥)

وقد لوحظ في كثير من حالات المعاملة بالإشعاع ظهور تلون قاتم في أنسجة البصلة قريبًا من القمة النامية بعد أسابيع قليلة من المعاملة ويمكن التغلب على هذه المشكلة بتخزين الأبصال — بعد معاملتها بالإشعاع مباشرة — على حرارة صفر-٥°م وبينما تعود

هذه الحالة إلى الظهور بعد عدة أسابيع من نقل البصل إلى درجة الحرارة العادية، فإنها لا تظهر إذا استهلك البصل في خلال شهر واحد من إخراجه من المخازن المبردة (عن Brewster ١٩٩٤).

لوحظ كذلك أن المعاملة بالإشعاع تُحدث في البصل والثوم نقصًا مؤقتًا في قوة النكهة المميزة والطعم، والمركب المسيل للدموع، ولكن هذا التأثير سرعان ما يختفي وتعود الأبصال إلى قوة نكهتها الطبيعية ويبدو أن مرد ذلك إلى ما قد تحدثه معاملة الإشعاع من تأثيرات ضارة على إنزيم الأليينيز. الذى سريعًا ما يتكون من جديد – وبتركيزه الطبيعي – بعد فترة قصيرة من التخزين (عن Fenwick & Hanley ١٩٩٠).

وقد وجد Kobayashi وآخرون (١٩٩٤) أن تعريض البصل لجرعة قدرها ٠.٢ kGy – وهي أعلى قليلاً من الجرعة المسموح بها – لم يكن لها أى تأثير معنوى على ٢٢ من أهم المركبات المسئولة عن النكهة المميزة للبصل بعد ثلاثة شهور من التخزين، حيث تشابه الكروماتوجرام الغازى للبصل المعامل بالإشعاع مع الكروماتوجرام الغازى للبصل غير المعامل، إلا أن معاملة البصل بجرعة مقدارها ٠.٥ kGy من أشعة جاما أحدثت فيه زيادة ملحوظة في كل من مركبات الداى سلفايدز disulpides، والتراى سلفايدر trisulphites مقارنة بكل من المعاملة بالجرعة الأقل (٠.٢ kGy) والكنترول.

وليس للمعاملة بالإشعاع أية تأثيرات ضارة على صحة الإنسان، حيث لا تترك أى أثر متبق، كما أنها لا تحدث أى تأثيرات سلبية على مكونات البصلة ويسمح بتداول البصل المعامل بالإشعاع – وكذلك الثوم غالبًا – في أكثر من ٢٦ دولة كذلك تسمح كل من منظمة الصحة العالمية، ومنظمة الأغذية والزراعة التابعتين للأمم المتحدة باستعمال البصل الطازج المعامل بجرعة قدرها ٠.١٥ kGy من أشعة جاما، بهدف منع تزريعه أثناء التخزين.

التخزين المبرد والعادى

يتعين لأجل المحافظة على جودة أبصال البصل أثناء التخزين لفترات طويلة

سرعة تبريده أوليًا إلى الصفر المئوى بمجرد معالجته، أو فى خلال شهر باستعمال الهواء الخارجى البارد إن وجد يؤدى التبريد الأولى السريع إلى منع الأعفان والتزريع أثناء التخزين. أما التبريد البطئ فيفيد عندما يكون لصنف البصل المخزن فترة سكون طويلة، وعندما تكون الظروف البيئية قد سمحت بمعالجته جيدًا قبل التخزين.

يمكن تخزين أبصال أصناف البصل الحريفة لمدة ٦-٩ شهور على الصفر المئوى مع ٦٥٪-٧٥٪ رطوبة نسبية وعند ارتفاع الحرارة والرطوبة النسبية عن تلك الحدود يزداد التزريع وتزداد الإصابة بالأعفان. أما البصل المتوسط الحرافة والبصل الحلو فيمكن تخزينه لمدة ١-٣ شهور، و ١٥-٣٠ يومًا تحت نفس الظروف السابقة، على التوالى (Adamicki ٢٠٠٤)

وتتوقف الطرق والظروف المناسبة لتخزين البصل على الغرض من التخزين، وطول فترة التخزين المتوقعة قبل تسويقه.

تخزين الأبصال لغرض الاستهلاك

يقتصر التخزين لغرض الاستهلاك على الأبصال السليمة الناضجة والمعالجة جيدًا فقط أما الأبصال غير الناضجة، أو غير المعالجة جيدًا، أو ذات الرقبة السميكة، فإنها تسوق بعد الحصاد مباشرة ولا تخزن ومع أن البصل يتحمل التخزين فى درجات الحرارة المرتفعة، والرطوبة النسبية المعتدلة أكثر من غيره من الخضروات، إلا أن فترة حفظ البصل بحالة جيدة تزداد عند إجراء التخزين فى درجة حرارة منخفضة، ورطوبة نسبية منخفضة

وأفضل الظروف للتخزين هى كما أسلفنا درجة حرارة الصفر المئوى، ورطوبة نسبية مقدارها ٦٥٪، حيث يمكن أن تبقى الأبصال بحالة جيدة لمدة تتراوح من ٢-٨ أشهر حسب الصنف وتعتبر الأصناف غير الحريفة، مثل: إيتاليان رد Italian Red أقل الأصناف قدرة على التخزين، بينما تعد الأصناف الحريفة، مثل الأصناف المصرية

عامة، والأصناف هوايت كريول White Creole، ورد كريول Red Creole، وأوستراليان براون Australian Brown من أكثر الأصناف تحملاً للتخزين

وتجدر الإشارة إلى أن بقاء الرطوبة النسبية في حدود ٦٥٪ يعمل على تقليل إصابة الأبصال بالأمراض، حتى ولو ارتفعت درجة الحرارة إلى ٢٥–٣٥°م، ولكن فترة التخزين تكون أقل في هذه الحالة.

ويمكن تخزين بعض الأصناف لمدة تقرب من السنة في درجة حرارة صفر–٣°م، ورطوبة نسبية ٤٠٪ أو أقل

ولا يوصى بتخزين البصل على حرارة ٥–٢٥°م لأنها تناسب تزريع الأبصال

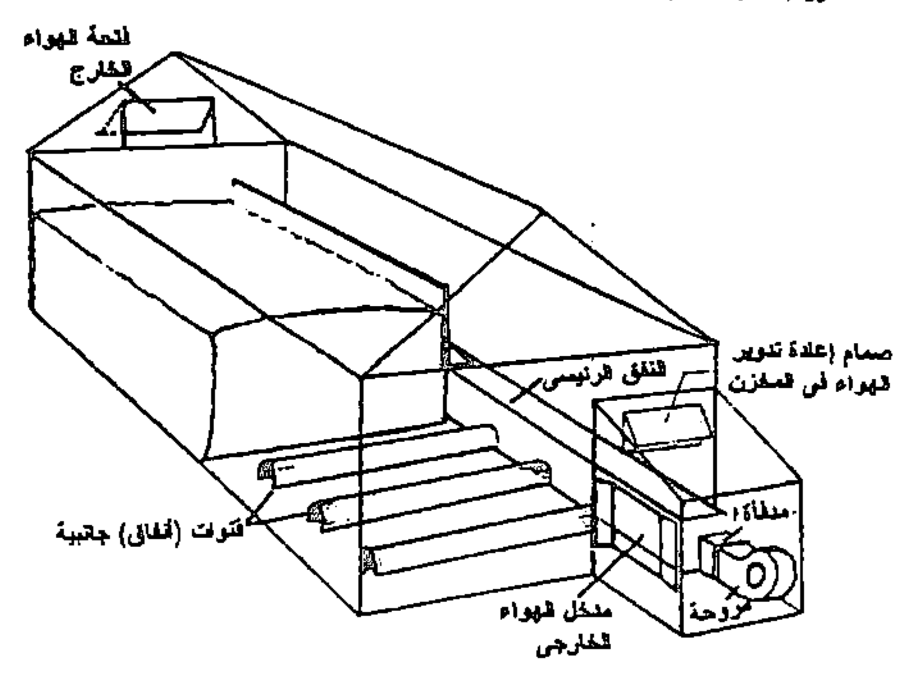
تخزين البصل سائباً فى المخازن المبردة

يمكن تخزين البصل سائبًا بارتفاع يصل إلى ثلاثة أمتار ويجب أن تصمم هذه المخازن بحيث تتحمل جدرانها الضغوط التى تقع عليها، وبحيث يتوفر فيها مجار (أنفاق) ducts، وتهوية من تحت الأرض لدفع الهواء الخارجى أو الهواء المبرد خلال كومة البصل (شكل ٤–١)

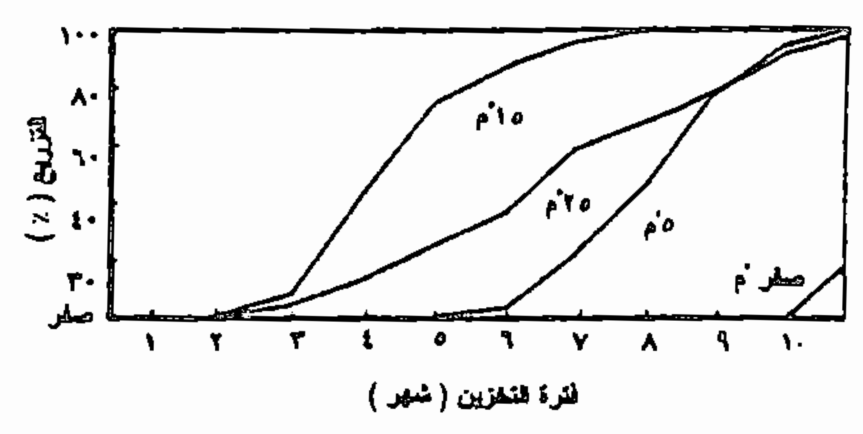
توضع أجهزة رصد درجة الحرارة والرطوبة النسبية – التى تتحكم فى تشغيل المراوح، وفتحات التهوية لدخول الهواء الخارجى، والمدفئات، ومعدل دفع تيار الهواء – توضع داخل كومة البصل.

وبعد التجفيف الأولى والعلاج تخفض حرارة الأبصال بمعدل ٠.٥°م يوميًا، بخلط الهواء المسحوب من الخارج بالهواء الذى يتم إعادة تحريكه داخل المخزن ولا يسحب الهواء الخارجى إلى داخل المخزن إلا إذا كانت حرارته تقل عن حرارة هواء المخزن بثلاث درجات كحد أدنى، ولتجنب تجمد الأبصال لا يسحب الهواء الذى تقل حرارته عن –٢°م ويتم التحكم فى سرعة سحب الهواء الخارجى – الذى تنخفض رطوبته النسبية – بهدف المحافظة على رطوبة نسبية تتراوح بين ٧٥٪

و ٨٥٪، ويدفع الهواء خلال البصل السائب – عادة – بمعدل ١٧٠م^{3}/ساعة/طن من البصل المخزن خلال عملية التبريد وباستعمال هذا الهواء الخارجى فإن درجة حرارة هواء المخزن يمكن المحافظة عليها بين ٣°م، و ٥°م خلال فصل الشتاء فى المناطق الباردة أما إذا كانت الهواء الخارجى ليس باردًا بالقدر الذى يلزم لإجراء التبريد اللازم للمخزن فإنه يتم تبريد الهواء الذى يعاد تعريره داخل المخزن حتى صفر إلى –١ °م، مع المحافظة على الرطوبة النسبية بين ٧٥٪، و ٨٥٪. فعند هذه الدرجة من الرطوبة لا تنمو الأعفان على الأبصال، وتبقى الحراشيف الجافة مرنة، والتبخر بطيئًا وبالمحافظة على الحرارة عند –١°م إلى صفر°م، والرطوبة النسبية بين ٧٥٪ و ٨٥٪ فإن الأبصال ذات القدرة التخزينية الجيدة يمكن حفظها بحالة صالحة للتسويق لمدة ١٠ شهور (شكل ٤–٢).



شكل (٤–١) رسم تخطيطى لمخزن بصل مبرد



شكل (٤–٢): العلاقة بين فترة التخزين على درجات حرارة مختلفة ونسبة التزريع فى صنف البصل Sapporo-ki (Tanaka ١٩٩١).

ويجب دفع تيار من الهواء خلال الأبصال المخزنة، بمعدل ١/٤ إلى ١/٢م٣ فى الدقيقة لكل متر مكعب من حيزّ المخزن، حتى بعد وصول درجة الحرارة والرطوبة النسبية إلى الحدود المناسبة للتخزين.

كذلك يجب رفع درجة حرارة الثلاجات تدريجيًّا قبل إخراج البصل منها للتسويق، وذلك حتى لا تتكثف الرطوبة على الأبصال، وهى الظاهرة التى تعرف باسم (العرق) Sweating، والتى تؤدى إلى زيادة فرصة الإصابة بالأمراض. ويزداد تكثف الرطوبة على الأبصال بزيادة الرطوبة النسبية فى الجو الخارجى وقت إخراج البصل من المخازن، وبزيادة الفرق فى درجة الحرارة بين المخزن والجو الخارجى.

وقد أدى تخزين البصل من صنف Sapporo-ki فى الحرارة المنخفضة (صفر أو ٥°م) إلى تأخير التزريع، وظلت نوعية الأبصال بحالة جيدة بعد ٧ شهور من التخزين فى درجة الصفر المئوى، واستمرت محتفظة بجودتها لمدة ١٥ يوم أخرى على ١٥°م، أو لمدة ٩ أيام على حرارة ٢٥°م ولم تتكون جذور داخلية فى الأبصال التى خزنت فى حرارة ٢°م أو ٣٠°م وبدا أن العوامل التى تتحكم فى التجذير الداخلى والتزريع تورث مستقلة

وتوقف فقد قشور البصل الخارجية الجافة على العوامل الميكانيكية (مثل الاهتزازات، والاحتكاكات، والضغوط)، والتغيرات فى شكل البصلة بسبب التجذير الداخلى. وأدى تشقق القشور إلى فقدها. واختلفت الأصناف فى سمك قشورها ومتانتها.

خلت الأبصال – تقريبًا – من الأعفان بعد ٨ شهور من التخزين على الصفر المئوى، ولكن نسبة الإصابة بالأعفان ازدادت بدرجة ملحوظة بارتفاع درجة حرارة التخزين، وكانت الإصابة فى رطوبة نسبية ٩٥٪ أكثر مما كانت عليه فى رطوبة نسبية ٦٥٪– ٧٥٪ (Tanaka ١٩٩١).

تخزين البصل فى الحرارة العالية

تكون فترة تخزين البصل فى حرارة ٢٥°م أطول عما فى حرارة ١٥–٢٠°م. ولذا .. فإن تقنيات تخزين البصل فى المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية تعتمد على المحافظة على بقاء درجة الحرارة عالية لإطالة فترة سكون الأبصال. ولتجنب عفن الأبصال فإنها يجب أن تبقى جافة ومهواة جيدًا وإن لم تتوفر التهوية بنظام الدفع الجبرى للهواء من خلال الأبصال فإن الأبصال يجب أن تكون فى طبقة أو طبقتين، أو على صورة حزم؛ ليمكن للهواء أن يمر بحرية حول قواعد الأبصال ويفضل تخزين البصل فى طبقات رقيقة على رفوف من الشباك السلكية

وإذا توفر نظام الدفع الجبرى للهواء فإن البصل يمكن أن يخزن سائبًا بارتفاع مترين. وتستعمل المدفئات لتجنب انخفاض الحرارة عن ١٨°م ومنع زيادة الرطوبة النسبية عن ٧٥٪؛ وذلك لأن نفاذية الحراشيف لبخار الماء تزداد فى الرطوبة النسبية الأعلى من ٧٥٪؛ الأمر الذى يؤدى إلى زيادة فقد الرطوبة من الأبصال فى ظروف الحرارة العالية، وهو ما لا يحدث فى ظروف الحرارة الشديدة الانخفاض فى المناطق الباردة. وبتوفير المدفئات ودفع الهواء بمعدل ٢,٥م^{3}/دقيقة/م^{3} من البصل المخزن، فإن هذه المخازن يمكن أن تستعمل – كذلك – فى علاج الأبصال

تكون الأبصال المخزنة فى الحرارة العالية أفضل لونًا من تلك المخزنة فى المخازن الباردة، ولكن يزداد الفقد الرطوبى من الأبصال، وتزداد نسبة الإصابة بمختلف الأعفان عند التخزين فى الحرارة العالية مقارنة بالتخزين فى الحرارة المنخفضة (عن Brewster ١٩٩٤).

التخزين فى الجو المعدل وفى الجو المتحكم فى مكوناته

يعمل التخزين فى هواء يحتوى على تركيزات مرتفعة من ثانى أكسيد الكربون، وتركيزات منخفضة من الأكسجين – مقارنة بالهواء العادى – على زيادة فترة بقاء البصل بحالة جيدة أثناء التخزين

ولا يعد التخزين فى الجو المعدل أمرًا اقتصاديًا بالنسبة لمعظم أصناف البصل، ذلك لأنه يمكن تخزينها لفترات طويلة دونما حاجة إلى هذا الإجراء، ويستثنى من ذلك أصناف البصل التى لا تصلح للتخزين، مثل الأصناف غير الحريفة من طراز برمودا Bermuda، كالصنف جرانكس Granex الذى لا يخزن لمدة تزيد عن الشهر أو الشهرين فى درجة الصفر المئوى فقد أوضحت دراسات Smittle (١٩٨٨) أن أبصال هذا الصنف تفقد ١٢٪ إلى ١٥٪ من وزنها فى حرارة الغرفة (٢٧°م) بينما احتفظت جميع الأبصال بجودتها لمدة ٧ شهور على ١°م فى ٥٪ CO_2، و ٣٪ O_2، مع رطوبة نسبية ٧٠٪ إلى ٨٥٪، وبقيت أكثر من ٩٢٪ من هذه الأبصال بحالة صالحة للتسويق لمدة ثلاثة أسابيع إضافية بعد إخراجها من المخزن هذا إلا أن نوعية هذه الأبصال تدهورت أثناء التخزين، حيث انخفضت فيها نسبة السكر، وازدادت حرافتها وكان التدهور فى نوعية الأبصال أشد عندما خزنت فى حرارة ١°م فى الهواء عنه فى ١°م أو ٥°م فى ٥٪ CO_2، و ٣٪ O_2، مع ٧٠٪–٨٥٪ رطوبة نسبية فى جميع الحالات

وعمومًا قد يكون من المفيد تخزين البصل الحلو فى هواء متحكم فى مكوناته CA يتكون من ٣٪ أكسجين + ٥٪ إلى ٧٪ ثانى أكسيد كربون، وكذلك البصل المجهز للمستهلك فى ٥ ١٪ أكسجين + ١٠٪ ثانى أكسيد الكربون، أما الأبصال الكاملة

للأصناف الحريفة فلا تستفيد من التخزين في الـ CA، بل أنها تضار في < ١٪ أكسجين + ١٠٪ ثاني أكسيد كربون (Suslow ٢٠٠٧).

ويؤدي التخزين في هواء معدل يحتوي على ١٠٪ ثاني أكسيد كربون إلى انهيار الأنسجة الداخلية للبصلة. وربما كان مرد ذلك إلى تنفس خلايا الأبصال لاهوائيًا في هذه الظروف.

وقد وجد Hoftun (١٩٩٣) أن زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء الموجود في داخل أنسجة البصلة عن ١٣٪، ونقص نسبة الأكسجين عن ٤٪ أدت إلى انهيار الحراشيف المتشحمة للبصلة واكتسابها مظهرًا مبتلاً، وهي الظاهرة التي تعرف باسم Watery Scales

وبينما أدى تخزين أبصال البصل في الهواء العادي إلى زيادة محتواها من كل من حامض البيروفيك pyruvic acid (اختصارًا PA)، والـ S-alk(en)yl-L-cysteine sufloxide (اختصارًا ACSO) الكلية جوهريًا (٩٪-١١٪)، فإن تلك المكونات انخفضت جوهريًا بالتخزين في الجو المتحكم فيه (CA)، حيث انخفضا بنسبة ٤٠.٨٪، و ١٩٪ – على التوالي – في ٢٪ أكسجين + ٢٪ ثاني أكسيد كربون، وبنسبة ٥ ١٣٪، و ٢٢٪ – على التوالي – في ٢٪ أكسجين + ٨٪ ثاني أكسيد كربون وقد ازداد نشاط إنزيم الأليينيز alliinase عند التخزين في كل من الهواء العادي والـ CA الذي يتكون من ٢٪ أكسجين + ٢٪ ثاني أكسيد كربون، ولكنه انخفض في CA يتكون من ٢٪ أكسجين + ٨٪ ثاني أكسيد كربون. كذلك تغيرت نسب مختلف الـ ACSOs أثناء التخزين. فقبل التخزين شكلَ الـ trans-(+)-S-(1-propenyl)-L-cysteine sulfoxide أعلى نسبة (٤٩.٢٪) وتلاه الـ (+)-S-methyl-L-cysteine sulfoxide (اختصارًا MCSO، ٣١,٥٪)، ثم الـ (+)-propyl-L-cysteine sulfoxide (اختصارًا PSCO، ١٩,٣٪) ومع التخزين انخفضت نسبة الـ PCSO في كل من الهواء والـ CA الذي يتكون من ٢٪ أكسجين + ٢٪ ثاني أكسيد كربون، مع زيادة في الوقت ذاته في نسبة الـ MCSO ويعني ذلك أن التخزين في الـ CA خفض من حرافة البصل ومحتواه من المركبات

المسئولة عن الطعم بخفضه للمركبات الأولية لطعم والنشاط الإنزيمي (Lddin & MacTavish ٢٠٠٣)

الطرق المتبعة فى تخزين أبصال الاستهلاك فى مصر

يخزن البصل المعد للاستهلاك في مصر بإحدى الطرق التالية

١- التخزين فى نوَّالات

النوّالة عبارة عن مظلة مسقوفة تسمح بدخول الهواء فيها بحرية، وتمنع دخول ضوء الشمس المباشر وهى تتكون غالبًا من قوائم خشبية تدعم السقف، وقد تبنى جدرانها إلى ارتفاع بسيط.

٢- التخزين تحت جمالونات.

الجمالون عبارة عن مظلة يخزن تحتها البصل فى أجولة توضع على عروق خشبية بعيدة عن الأرض وذلك حتى لا تتعرض الأبصال للرطوبة الأرضية ويتمير التخزين تحت الجمالونات بأن التهوية تكون جيدة، وأن الأبصال لا تتعرض فيها لضوء الشمس المباشر

٣- التخزين فى العنابر

العنابر عبارة عن غرف معزولة الجدران والأسقف، ويمكن التحكم فى درجة الحرارة والرطوبة النسبية فيها بالتحكم فى فتحات التهوية وتستخدم بعض المركبات الكيميائية، مثل كربونات الكالسيوم لامتصاص الرطوبة من جو العنبر بوضعها فى طبقات رقيقة فى أركان المخزن، كما يمكن تجفيفها وإعادة استخدامها عدة مرات وتتم حماية العنابر من القوارض بتغطية فتحات التهوية بشباك من السلك

ويوضع البصل فى المخازن فى مصر بإحدى الطرق التالية:

١- فى أكوام

يكوم البصل فى مراود بطول ١٠م، وعرض ١,٥م، وارتفاع ٧٠-١٠٠سم وتكون المراود متوازية، وتفصل بينها مسافة ٥٠-١٠٠سم، ثم تغطى الأبصال بقش الأرز، ويمكن بهذه الطريقة تخزين نحو ١٠٠٠ طن من البصل فى مساحة فدان واحد

٢- فى القاعات:

تكون الأبصال فى طبقات يصل ارتفاعها إلى نحو ٣ أمتار فى قاعات مجهزة بمراوح تدفع الهواء لكى يتخلل الأبصال.

٣- فى طبقات:

حيث يكوم البصل فى طبقات يفصل بينها قش الأرز، أو (قصل) الحلبة. أو الفول.

٤- فى أجولة (مرسى وآخرون ١٩٧٣)

تخزين البصيلات المعدة لاستخدامها كتقاوٍ لإنتاج محصول من البصل

تجب مراعاة أن يكون تخزين البصيلات المعدة لاستخدامها كتقاو – لإنتاج محصول من البصل – فى ظروف تسمح بالمحافظة عليها فى صورة جيدة، على ألا تؤدى هذه الظروف إلى تهيئتها للإزهار؛ وذلك لأن البصيلات التى يزيد قطرها عن ٢,٥ سم تتهيأ للإزهار إذا ما خزنت على حرارة تقل عن ١٠°م لفترة طويلة أما البصيلات التى يقل قطرها عن ٢,٥سم، فإنها تكون غالبًا فى طور الحداثة، ولا تستجيب للحرارة المنخفضة ويؤدى التخزين فى حرارة شديدة الانخفاض (من صفر إلى -١°م) إلى خفض نسبة النباتات التى تتجه نحو الإزهار بالمقارنة بالتخزين فى درجة حرارة ٢-٧°م ولذا . فإن أفضل حرارة لتخزين البصيلات هى الصفر المئوى ومع أن التخزين فى حرارة ٢٧°م لا يهيئ البصيلات للإزهار، كما أن التخزين فى حرارة ٣٠°م لمدة ٨-١٧ أسبوعًا يمنع الاتجاه نحو الإزهار، إلا أن درجات الحرارة المرتفعة هذه تؤدى إلى زيادة معدلات الفقد فى الوزن، وزيادة نسبة الإصابة بالعفن أما الرطوبة النسبية، فإنها يجب أن تتراوح بين ٦٥٪ و ٧٠٪ (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

تخزين الأبصال المعدة لاستعمالها كتقاو لإنتاج البذور

تستعمل الأبصال العادية المتوسطة الحجم كتقاو لإنتاج بذور البصل، ويراعى عند

تحزين هذه الأبصال أن يكون فى ظروف تحفظها جيدًا وأن تهيئتهـ للإزهـار فـى آن واحد وقد وجد أن أنسب حرارة لتهيئة الأبصال للإزهار تـتراوح بـين ٧ و ١٣°م، إلا أن ذلك المدى لا يناسب تخزين الأبصال لفترة طويلة، لذا فإنه ينـصح عنـد الرغبـة فى تخزين التقاوى المعدة لاستخدامها فى حقول إنتاج البـذور – لفـترة طويلـة – بـأن يكون ذلك فى درجة الصفر المئوى مـن بدايـة التخـزين حتـى قبـل الزراعـة بنحـو ٦ أسـابيع، حيـث ترفـع درجـة حرارتهـا خـلال الفـترة الأخـيرة إلى ٧–١٣°م وتكـون الرطوبة النسبية الملائمة للتخزين حـوالى ٦٠٪ (Hawthorn & Pollard ١٩٥٤)، بينما لا تؤثر الإضاءة التى تتعرض لها الأبصال فى المخازن على محصول البـذور (DeMille & Vest ١٩٧٦)

التغيرات التى تطرأ على الأبصال أثناء التخزين

إن من أهم التغيرات التى تطرأ على الأبصال أثناء التخزين ما يلى

التزريع

يحدث التزريع عند تعرض البصل لحـرارة قـدرها ١٥°م (أو مـن حـوالى ١٢–١٨°م)، وتنخفض نسبة التزريع تدريجيًا بانخفاض، أو بارتفاع درجة الحرارة عن ذلك المدى إلى أن تصبح أقل ما يمكن فى درجتى الـصفر و ٣٠°م. ويبـدأ التزريـع فـى مـصر فـى شـهر نوفمبر، وتزداد نسبته مع اسـتمرار مدة التخزين وليس للرطوبـة النـسبية المرتفعـة سـوى تأثير قليل على تزريع البصل

ويرجع التزريـع نتيجـة لاسـتطالة الأوراق الموجـودة فـى البـصلة مـن موسـم النمـو السابق، وليس نتيجة لتكوين بادئات أوراق جديدة ويدل ظهور النبت خـارج البـصلة (أى تزريعها) على أن الاستطالة قد بدأت قبل ذلك ببضعة أسابيع، الأمر الذى تزداد سـرعته فـى الحـرارة المعتدلـة، مقارنـة بحـرارة صـفر–٢°م، أو ٢٥–٣٠°م (Ramin ١٩٩٩)

ونظرًا للتحفظات على اسـتعمال المالـيك هيدرازيد كمثبط لتزريـع البـصل فقـد اتجهـت

الدراسات نحو البحث عن بدائل أخرى له — من ذلك ما وجد من أن الأصناف Summit، و Wembley، و Trafford تعد قليلة التزريع، وأن حصادها مبكرًا عند ميل ٢٠٪-٥٠٪ فقط من النباتات أدى إلى انخفاض فى التزريع بعد فترة تخزين طويلة، حيث تأخر التزريع بمقدار ٧-١٠ أيام مقارنة بالصاد عند ميل ٨٠٪ من النباتات، ولكن صاحب ذلك انخفاض فى المحصول قدر بنحو ١٥٪. ومن الممارسات الأخرى التى وجد أنها تقلل التزريع التخزين على ١°م، مقارنة بالتخزين على ٥°م، والزراعة بالشتلات مقارنة بالزراعة بالبذرة مباشرة، وعدم المبالغة فى الرى والتسميد الآزوتى (Grevsen & Sorensen ٢٠٠٤).

نمو الجذور

تعتبر الرطوبة النسبية العالية العامل المسئول عن نمو الجذور بالأبصال، إذ تتكون مبادئ جذور جديدة عند ارتفاع الرطوبة النسبية، وتنمو الجذور مخترقة الساق القرصية. وقواعد الأوراق الحرشفية لتعطى البصلة مظهرًا كثًا وتزداد كذلك قوة نمو الجذور فى درجات الحرارة المعتدلة (حوالى ١٥°م)، عنه فى درجات الحرارة الأقل أو الأعلى من ذلك، إلى أن يصبح نموها أقل ما يمكن فى درجتى حرارة الصفر و ٣٠°م، كذلك . فإن جرح الأبصال يشجع نمو الجذور هذا إلا أن الجذور لا تتكون إذا كانت الرطوبة النسبية أقل من ٧٠٪ مهما كانت الظروف الأخرى.

يتشابه التجذير مع التزريع من حيث استجابتهما لدرجة حرارة التخزين، إلا أن الدرجة المثلى للتجذير تقل قليلاً عن الدرجة المثلى للتزريع

وكما أسلفنا فإنه يوجد نوعان من التجذير. خارجى وداخلى ويحدث التجذير الخارجى من السطح الخارجى للساق القرصية الأصلية للبصلة، بينما تتكون مبادئ الجذور الجديدة — فى حالة التجذير الداخلى — على ساق جديدة تتكون على الجانب الداخلى للساق الأصلية وتتكون هذه الجذور الجديدة داخل البصلة، ثم تخترق قواعد الحراشيف المحيطة بالساق القرصية الأصلية إلى أن تظهر خارجيًا وبينما تكون الجذور

لناتجة من التجذير الخارجي ضعيفة ورفيعة، فإن الجذور التي تنتج من التجذير الداخلي تكون قوية وسميكة

وعند ابتلال الأبصال فإن التجذير الخارجي يحدث في خلال أيام قليلة على حرارة ٥–٣٠°م وبالمقارنة فإن التجذير الداخلي يبدأ داخل البصلة في خلال ١٠–٢٠ يومًا من بداية التخزين – حسب درجة حرارة التخزين – ويصبح ظاهرًا خارج البصلة بعد أكثر من شهرين من التخزين. ويعني ذلك أن التجذير الخارجي ليس له فترة سكون، بينما يتحكم السكون في التجذير الداخلي ويتهيأ التجذير الداخلي لحدوث في درجات الحرارة المتوسطة التي تتراوح بين ١٥ و ٢٠°م، مثل التزريع وفي المقابل فإن المدى المناسب لاستمرار نمو الجذور بعد بداية تكونها ينخفض حتى ٥°م، وهي حرارة مثبطة للتزريع وليس للرطوبة النسبية تأثيرات تذكر على تكوين مبادئ الجذور الداخلية أو اختراقها لحراشيف البصلة، ولكن الرطوبة العالية تحفز نمو الجذور بمجرد بروز قمتها النامية من سطح البصلة (Komochi ١٩٩٠)

وفي دراسة أجريت على ١٠أصناف من البصل وخزنت فيها الأبصال على ١٠°م بعد ٤ أسابيع من الحصاد، تراوحت الفترة التي لزم انقضاؤها لحين تزريع ٥٠٪ من الأبصال بين ١٤٩ يومًا و ٣١٠ أيام حسب الصنف، بينما استغرق تجذير الأبصال على فيرميكيوليت مرطب من ٨ أيام إلى ٥١ يومًا وحينما خزنت الأبصال على حرارة ٥، و ١٠، و ١٥، و ٢٠، و ٢٥، و ٣٠°م . تراوح المدى الأمثل للتزريع بين ١٠، و ٢٠°م، وللتجذير بين ١٠، و ١٥°م، بينما ثبط كلا من التزريع والتجذير في حرارة ٥°م، و ٣٠°م (Miedema ١٩٩٢)

الفقد الرطوبي وانكماش الأبصال

يؤدي فقد الرطوبة من الأبصال إلى انكماشها، ويتوقف معدل فقد الرطوبة على كل من درجة الحرارة والرطوبة النسبية ويزداد الفقد مع ارتفاع درجة الحرارة وانخفاض الرطوبة النسبية ويعد التزريع من أهم العوامل التي تؤدي إلى انكماش الأبصال

وقد كان الفقد فى الوزن فى صنف البصل Autumn Spice بمعدل ٠,٨٪ شهريًا، وذلك عندما خُزِّن فى رطوبة نسبية ٧٥٪-٨٠٪، وعلى حرارة صفر-٥°م، بينما كان الفقد ٠,١٥٪ فقط شهريًا فى رطوبة نسبية ٩٨٪-١٠٠٪. وفى أحد الأصناف المصرية كان الفقد فى الوزن ١,٠٧٪ خلال الشهر الأول من التخزين، ووصل إلى ١٦,٩٠٪ بعد ٩ شهور على الصفر المئوى، بينما كان الفقد ٥,٠٦٪ خلال الشهر الأول، وبلغ ٣٨,٣٢٪ بعد ٩ شهور من التخزين على حرارة ٢١,١-٣٥,٠°م، ودون تحكم فى الرطوبة النسبية. وأرجع جل هذا الفقد فى الوزن إلى تبخر الرطوبة من الأبصال.

ويحدث تبخر الرطوبة على الجانب الداخلى للحراشيف، ثم ينساب بخار الماء إلى خارج البصلة من خلال الرقبة، ويكون معدل فقد الرطوبة عاليًا بعد الحصاد مباشرة، ثم يظل منخفضًا وثابتًا بعد ذلك (عن Komochi ١٩٩٠).

وقد قدر الفقد فى الوزن الذى يعود إلى التنفس بنحو ٠,١٣٪-٠,٣٠٪ من الوزن الطازج شهريًا، وتراوح - بالتالى - بين ١٤٪ و ٢٠٪ من الفقد الكلى فى الوزن

التغيرات فى اللون

يتأثر لون الأبصال المخزنة بكل من درجة الحرارة والرطوبة النسبية، فيؤدى تعرضها لدرجة حرارة أعلى من ٣٨°م لأكثر من يومين إلى تلون الحراشيف الخارجية بلون قاتم ضارب إلى السوداء، بينما تحسن الرطوبة النسبية الأعلى من ٧٠٪ من لون الأبصال.

ويؤدى تعريض الأبصال لإضاءة شديدة لأيام قليلة إلى اخضرارها وخاصة فى الأصناف البيضاء، حيث تكتسب قواعد الأوراق المتشحمة الخارجية لونًا أخضرًا باهتًا أو داكنًا (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

التغيرات فى السكريات

وجد أن محتوى الأبصال من الفراكتوز يزداد أثناء التخزين نتيجة لتحلل السكريات

المخزنة، وهى التى تكون على صورة فروكتانات fructans ذات وزن جزيئ منخفض، وسكروز (عن Rutherford & Whittle ١٩٨٤)

التغيرات فى المركبات المسئولة عن النكهة

تختلف أصناف البصل فى التغيرات التى تحدث فى محتوى أبصالها من المركبات المسئولة عن النكهة المميزة أثناء التخزين؛ فمثلاً وجد أن حامض البيروفيك المتكون إنزيميًّا (أ) قل أو ازداد خطيًّا فى الأصناف القصيرة النهار بزيادة فترة التخزين من ثلاثة إلى ستة شهور على ٢–٨°م، ورطوبة نسبية ٧٥٪–٨٥٪. (ب) نقص خطيًّا أو تربيعيًّا quadratically فى أصناف البصل المتوسطة النهار والطويلة النهار (Kopsell & Randle ١٩٩٧).

التغيرات فى النشاط الإنزيمى

تتميز أصناف البصل الغنية بالمادة الجافة بصلابة أبصالها عند الحصاد وببطء فقدها لصلابتها أثناء التخزين، كما تزداد فيها سماكة الجدر الخلوية والصفيحة الوسطى، وتكون عالية المحتوى من حامض اليرونك uronic acid. كذلك تتميز تلك الأصناف بانخفاض نشاطها فى كل من الـ polygalacturonase، والـ pectin methyl-esterase أثناء التخزين وتكون تلك الصفات كلها عكسية فى الأصناف ذات القدرة الضعيفة على التخزين، بينما تكون بصورة وسطية فى الأصناف المتوسطة القدرة على التخزين هذا . إلا أن جميع الأصناف تتماثل فى نشاط السيليوليز cellulase عند الحصاد، ثم ينخفض نشاطه تدريجيًّا أثناء التخزين وقد أوضح الفحص بالمجهر الإلكترونى عند الحصاد وبعد ١٢ أسبوعًا من التخزين تحللاً بالصفيحة الوسطى أثناء التخزين (Coolong وآخرون ٢٠٠٨)

ظهور العيب الفسيولوجى: الحراشيف المائية

إن أعراض الحراشيف المائية watery scales فى البصل هى ظهور الحراشيف بمظهر

جلدى سميك. وعند تقشيرها تبدو الحراشيف اللحمية التى توجد وراءها مائية وزجاجية المظهر، وقد تصاب تلك الأبصال بالأعفان الفطرية والبكتيرية بسهولة

ولقد لوحظ ظهور ذلك العيب الفسيولوجى عند زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الداخلى للأبصال عن ١٣٪ وانخفاض الأكسجين عن ٤٪، ويعتقد بأن البصل أكثر حساسية لزيادة ثانى أكسيد الكربون من حساسيته لانخفاض الأكسجين (Hoftun ١٩٩٣)

تنفس أبصال البصل أثناء التخزين وإنتاجها من الإثيلين

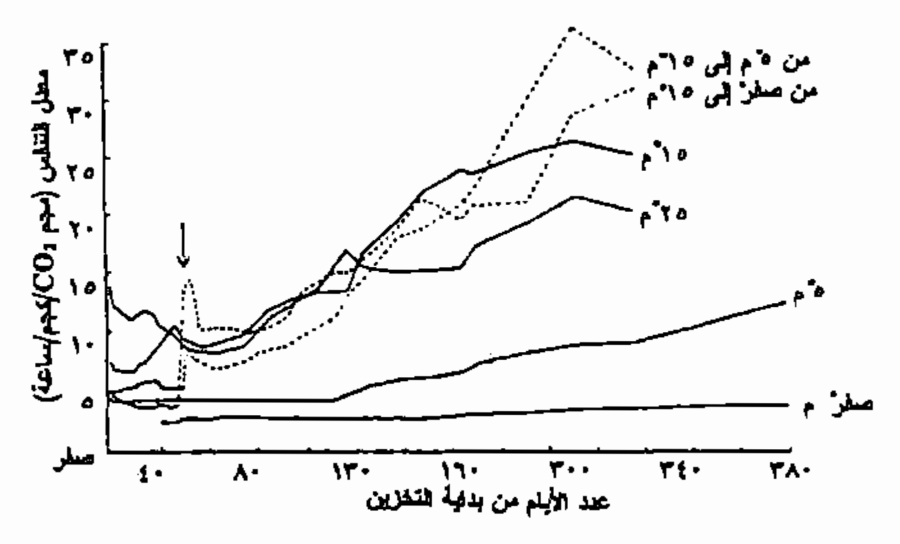
تتميز أبصال البصل الساكنة بانخفاض معدل التنفس فيها بصورة ملحوظة، إذا ما قورن بمعدل التنفس في محاصيل الخضر الأخرى، كما يتضح من جدول (٤-١)

جدول (٤-١): معدل التنفس (CO_2 المنطلق بالملليجرام لكل كيلو جرام من الخضر فى الساعة) فى مختلف درجات الحرارة فى البصل والثوم، مقارنة ببعض محاصيل الخضر الأخرى الدرنية، والجذرية، والورقية (عن Brewster ١٩٩٤).

الخضر	حرارة التخزين (°م)				
	صفر	٥	١٠	١٥	٢٠
أبصال البصل (صنف Bedfordshire Champion)	٣	٥	٧	٧	٨
أبصال الثوم	--	٥-١٠	—	—	—
الكرات أبو شوشة (صنف Musselburgh)	٢٠	٢٨	٥٠	٧٥	١١٠
البطاطس (صنف King Edward)	٦	٣	٤	٥	٦
الكرنب (صنف Decema)	٣	٧	٨	١٣	٢٠
الجزر	١٣	١٧	١٩	٢٤	٢٣
الخس (صنف Kloek)	١٦	٢٤	٣١	٥٠	٨٠
السبانخ	٥٠	٧٠	٨٠	١٢٠	١٥٠

ويزداد معدل تنفس أبصال البصل مع ازدياد فترة التخزين، ومع ارتفاع درجة حرارة التخزين. كما يتضح من شكل (٤–٣)

هذا إلاّ أن الزيادة فى معدل تنفس الأبصال الكاملة الساكنة مع الارتفاع فى درجة حرارة التخزين تكون قليلة بدرجة ملموسة، إلى أن تصل حرارة التخزين إلى ٤٠°م، حيث يزداد معدل التنفس – حينئذٍ – بشدة، وربما كان مرد ذلك إلى الأضرار التى تُحدثها الحرارة المرتفعة بالأبصال وتبلغ قيمة Q_{10} لتنفس أبصال البصل (الزيادة فى معدل التنفس مقابل كل ارتفاع فى درجة الحرارة قدره ١٠ درجات مئوية) – فى مدى حرارى يتراوح بين ١٠°م و ٣٠°م – حوالى ١٫٣ وإذا جرحت الأبصال فإن تنفسها يزداد زيادة كبيرة ويبلغ أقصاه بعد نحو ١٢ ساعة، وتبلغ قيمة Q_{10} لمثل هذه الأبصال المجروحة حوالى ٢٫٣



شكل (٤–٣) معدل تنفس أبصال البصل صنف Sapporo-ki أثناء تخزينها على درجات حرارة ثابتة (الصفر المئوى و ٥°م، و ١٥°م، و ٢٥°م) أو بعد نقلها (عند السهم) من صفر أو ٥ م إلى ١٥ م (عن Brewster ١٩٩٤).

وإذا أزيلت الحراشيف الجافة الخارجية للأبصال فإن معدل تنفس الأبصال يتضاعف

تقريبًا كما يزداد معدل فقدها للرطوبة. وتكون هذه الأبصال أسرع تزريعًا من غيرها من الأبصال التى لم تفقد حراشيفها الخارجية. وربما تعمل الحراشيف الجافة الخارجية كحاجز قوى أمام انتشار الغازات من خارج البصلة إلى داخلها وبالعكس؛ الأمر الذى يؤدى إلى انخفاض نسبة الأكسجين إلى ثانى أكسيد الكربون فى أنسجة الأبصال المخزنة. ويتشابه ذلك فى تأثيره مع تأثير التخزين فى الجو المعدل الذى ترتفع فيه نسبة ثانى أكسيد الكربون، وتنخفض فيه نسبة الأكسجين، والذى يؤدى إلى تأخير التزريع مقارنة بالتزريع فى الأبصال المخزنة فى الجو العادى. ولذا .. فإن بقاء الحراشيف الخارجية الجافة المحيطة بالأبصال فى مكانها يعمل على تعديل الهواء الداخلى بالبصلة؛ مما يؤدى إلى تأخير التزريع (عن Brewster ١٩٩٤).

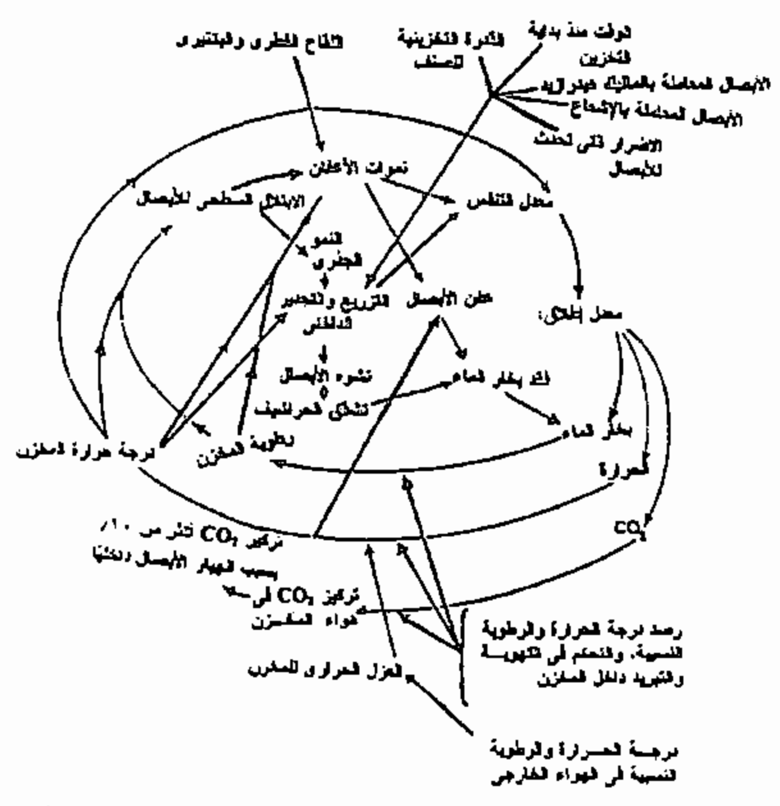
هذا .. وتُنتج أبصال البصل الكاملة الإثيلين بمعدل يقل عن ٠,١ ميكروليتر لكل كيلوجرام فى الساعة. وقد يؤدى تعريض الأبصال للإثيلين إلى تحفيز التزريع والإصابة بالأعفان

الأحداث الفسيولوجية، والمرضية، والفيزيائية المؤثرة فى تكنولوجيا التخزين

إن الهدف من تكنولوجيا تخزين البصل هو الاحتفاظ به فى حالة جيدة لأطول فترة ممكنة، ليس فقط خلال فترة التخزين، ولكن لعدة أسابيع أخرى بعد إخراج البصل من المخزن، وهى الفترة التى تلزم للنقل، والتسويق، وحتى الاستهلاك. وللوصول إلى هذا الهدف تتبع إحدى استراتيجيتين: (١) التخزين فى أقل درجة حرارة ممكنة فوق درجة التجمد التى تحدث عندها أضرار التجمد، وهى -٢°م، و (٢) الاستفادة من خاصية سكون الأبصال فى الحرارة المرتفعة بالمحافظة على درجة الحرارة قريبة من ٣٠°م وتتبع الطريقة الأولى لتخزين البصل فى المناطق الباردة، بينما يشيع استخدام الطريقة الثانية فى المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية.

إن الأحداث الفسيولوجية والمرضية التى تأخذ مجراها فى مخازن البصل تتفاعل مع الأحداث الفيزيائية من تبادل حرارى وتبادل لبخار الماء؛ مما يؤثر على الظروف البيئية

فى المخزن ويوضح شكل (٤-٤) كيفية تأثير العوامل الرئيسية فى المخازن وتفاعلها معا



شكل (٤-٤) العوامل الهامة، والأحداث أو العمليات والتفاعلات التى تأخذ مجراهــا فى داخل مخازن البصل، والتى يمكن أن تؤثر على تزريع البصل وإصابته بالأمراض

نجد مع مرور الوقت زيادة في حالات التبرعم والتجذير الداخلي فى الأبصال، تكون متبوعة بتغير في شكل البصلة، وإحداث ضغط على الحراشيف الخارجية الجافة، مما يؤدى إلى تشقق هذه الحراشيف، وزيادة نفاذيتها لبخار الماء، وبالتالى إلى زيادة فقد الرطوبة من الأبصال ومع حدوث التزريع يزداد معدل التنفس، وتزداد – نتيجة لذلك – الطاقة المنطلقة، وثانى أكسيد الكربون وبخار الماء المنطلقين من الأبصال وتتساوى كمية الطاقة المنطلقة – نتيجة للتنفس – بالكيلو كالورى/طن/ساعة – تقريبًا – مع معدل إنتاج

ثانى أكسيد الكربون بالمليجرام/كجم/ساعة مضروبًا فى ٢,٦. ويؤدى تدهور الأبصال بفعل الإصابات المرضية إلى زيادة معدل التنفس كذلك. وبسبب الفقد الرطوبى من الأبصال وتنفسها يلزم الاهتمام بالتهوية للمحافظة على الرطوبة النسبية بين ٦٥٪ و ٧٠٪، مع الاهتمام بالتبريد أو التهوية للتخلص من الحرارة الناتجة من الأبصال، والتى تزداد معدلاتها بمرور الوقت.

ويكون للاختلافات فى درجة الحرارة والرطوبة النسبية بين الهواء الخارجى وهواء المخزن تأثيراتها الكبيرة، فتؤثر درجة الحرارة الخارجية وشدة الإشعاع الشمسى على معدل فقد الحرارة أو اكتسابها بالتوصيل والإشعاع، الأمر الذى يتأثر بتصميم المخزن، ومدى إحكام عزله عن الجو الخارجى كذلك تؤثر درجة حرارة الهواء المستعمل فى التهوية ورطوبته النسبية فى مدى قدرته على التبريد أو التدفئة، واحتمالات تسببه فى ابتلال البصل المخزن فإذا ما دفع هواء دافئ داخل المخزن المبرد، فإن هذا الهواء يبرد بملامسته للأبصال الباردة، وقد تنخفض حرارته إلى ما دون نقطة الندى، مما يؤدى إلى تكثف الماء على الأبصال وإذا ما ابتلت قاعدة البصلة فإنها تتجذر بسرعة، الأمر الذى يسرع التزريع كذلك، الذى يؤدى — بدوره — إلى زيادة سرعة فقد الماء ولذا، فإن فقدان التحكم فى الرطوبة النسبية داخل المخزن يمكن أن يُحدث أضرارًا بليغة بالأبصال، خاصة وأن الرطوبة العالية المصحوبة بالحرارة العالية تناسب انتشار الأمراض وفى المخازن التى ترتفع درجة حرارتها تزداد الأضرار التى يحدثها العفن الأسود (الذى يسببه الفطر *Aspergillus niger*) فى أهميتها عن أضرار التزريع ويؤدى العفن فى حد ذاته إلى زيادة نفاذية الحراشيف الخارجية لبخار الماء، وبالتالى إلى زيادة فقد الرطوبة من الأبصال.

وتلعب حراشيف البصل الجافة الخارجية دورًا حيويًا فى الأحداث الفسيولوجية والفزيائية التى تقع فى المخزن نظرًا لكونها الحاجز الرئيسى أمام فقد الرطوبة وتبادل ثانى أكسيد الكربون. ويجب توفير رطوبة نسبية تتراوح بين ٦٥٪ و ٧٠٪ للمحافظة على مرونة الحراشيف وفى الرطوبة النسبية الأقل من ذلك تتشقق الحراشيف بسهولة،

وحصة عندما تنخفض نسبة الرطوبة في الحراشيف ذاتها عن ٢٠ وعلى الرغم من ذلك فإن نفاذية الحراشيف الجافة للرطوبة تنخفض تدريجيًا بانخفاض الرطوبة النسبية عن ٧٥٪، وربما يرجع ذلك إلى أن تلك الحراشيف تنكمش ويزداد التصاقها بالبصلة مع زيادة انخفاض الرطوبة النسبية، الأمر الذى يزيد من خاصية منعها لفقد الرطوبة، ولكنها تصبح فى الوقت ذاته أكثر حساسية للتشقق (عن Brewster ١٩٩٤)

وللتغلب على هذه التغيرات فإنه يجب رصد البيئة الداخلية للمخازن بصورة دائمة، مع تعديل درجة الحرارة والرطوبة النسبية أولاً بأول – حسبما تكون عليه الحال – بالتدفئة، أو التبريد، أو بخلط الهواء الخارجى بالهواء الذى يتم تحريكه داخل المخزن.

التصدير

يجب أن يكون محصول البصل المراد تصديره سليمًا، وخاليًا من العطب والأبصال الحنبوط. وألا تكون الأبصال متأثرة بالرطوبة (ساخنة)، أو مصابة بلفحة الشمس (مسلوقة)، كما يشترط ألا يحتوى الطرد على قشور البصل الجافة، أو على أى مادة غريبة

ويصنف البصل من المحصول الرئيسى إلى الرتب التالية

١- خاص وهو ما لا تزيد فيه نسبة البصل الملون، والمزدوج، والمزرّع، وغير التام النضج، والمصاب بالعفن الأسود، والمنزوعة قشرته، وغير المنتظم الشكل، والطويل العنق عن ٥٪

٢- تجارى. وهو ما تزيد فيه نسبة هذه الأبصال على ٥٪، ولا تتجاوز ١٥٪

٣- (نقضة). وهو ما تزيد فيه نسبه هذه الأبصال على ١٥٪، ولا تتجاوز ٥٠٪ ولا يصرح بتصدير البصل من الرتبة الأخيرة إلى معظم الدول المستوردة

يدرج البصل من رتبتى الخاص والتجارى إلى الأحجام التالية

١- كبير وهو ما يزيد قطر البصلة منه على ٦ سم

٢- متوسط وهو ما يزيد قطر البصلة منه على ٤٫٥ سم، ولا يتجاوز ٦ سم

٣- صغير. وهو ما يزيد قطر البصلة منه على ٣٫٥ سم، ولا يتجاوز ٤٫٥ سم

٤- بصل تخليل. وهو ما لا يزيد قطر البصلة منه على ٣٫٥ سم

ويرخص بالتجاوز عن هذه المقاسات بنسبة لا تزيد على ١٠٪ من محتويات الطرد

ويجوز تصدير البصل من رتبتي الخاص والتجارى إلى بعض الدول بدون تدريج، بشرط أن يزيد قطره عن ٣٫٥ سم.

يعبأ البصل المصدر فى أجولة، أو صناديق، أو أقفاص بالمواصفات التالية:

١- الأجولة: تستخدم لذلك أجولة من الجوت سعة ٢٥ أو ٥٠ كجم، أو أجولة من الكتان سعة ٥٠ كجم بمواصفات خاصة.

٢- الصناديق: تستخدم لذلك صناديق خشبية سعة ٥٠ كجم، أو كراتين سعة ٢٥ كجم بمواصفات خاصة.

٣- الأقفاص والسلال. تستخدم لذلك أقفاص من الجريد سعة ٢٥ كجم، أو سلال من الغاب سعة ٢٥، أو ٥٠ كجم بمواصفات خاصة.

ويجب أن تكون هذه العبوات متماثلة فى النوع، والشكل، والحجم، والوزن ويسمح بتجاوز الزيادة عن الأوزان المقررة بنسبة لا تزيد على ٣٪، وذلك لتعويض الفقد فى الوزن أثناء فترة الشحن، كما يجب أن تكون العبوات مغلقة بصورة جيدة.

ويكتب على كل طرد: كلمة "بصل"، والبيانات الخاصة بالرتبة والحجم، والعلامة التجارية، والرقم المسلسل للرسالة. ويراعى أن تكتب هذه البيانات بحروف ظاهرة تتناسب مع حجم العبوة، وبمادة ثابتة باللون الأخضر إذا كان البصل من رتبة الخاص، وباللون الأحمر إذا كان البصل من رتبة التجارى، وباللون الأسود إذا كان البصل من رتبة النقضة أو من المحصول الشتوى. ويرمز إلى رتبة النقضة برقم ٣ يكتب بحروف رومانية.

هذا ويحظر القانون تصدير رتبة النقضة من المحصول الرئيسى للبصل الطازج

البصل المجهز للمستهلك

يجهز البصل الطازج للمستهلك fresh-cut فى أربع صور، هى مكعبات صغيرة diced، وحلقات rings، وقطع كبيرة نسبيًّا chunks، وكرات مقشرة فضية silvered

يجب أن تكون الأبصال المستعملة جافة، وخالية من الأعفان والتحللات، وصلبة ويتراوح قطرها بين ٧,٥، و ١٠ سم. ويجب أن تكون حرارة مركز البصلة ١,٥°م عند الاستلام، وأن تكون على حرارة ١–٣°م أثناء وبعد تجهيزها ويجب ألا تزيد نسبة الأبصال التى تظهر بها سيقانًا زهرية أو نموات عديدة داخلية عن ١٠٪ أما الأبصال المزدوجة والقشور الشفافة (النصف شفافة) translucent، فلا يجب أن تزيد نسبتها عن ٥٪

يتم تقشير الأبصال الكاملة وتشذيبها (تقليمها) يدويًّا أو آليًّا ويمكن إجراء الغسيل بالماء المكلور قبل التجهيز أو بعده وتغسل الأبصال المعدة لعمل حلقات منها بالماء المثلج على حرارة صفر°م قبل بدء العمل فيها. أما البصل الـ diced، والـ silvered فإنه يغسل بالماء المكلور بعد تجهيزه

ومن أكبر مشاكل البصل المجهز للمستهلك على صورة مكعبات صغيرة التلون البنى والاصفرار والشفانية كما أن التقطيع يحدث به تغيرات بيوكيميائية تؤدى إلى إنتاج مركبات كبريتية متطايرة بتحليل الـ alliins بالإنزيم allinase ومن بين المركبات التى تُنتج الـ disulfides، و thiosulfinates والـ propene disulfide، وجميعها مثبطات بكتيرية أما المركب thiopropanal-S-oxide – السبب لخاصية الإدماع والذى ينتج كذلك – فإنه له خصائص مضادة للفطريات.

يؤدى تخزين البصل المجهز للمستهلك فى جو يحتوى على ٠,٢–٥٪ أكسجين مع ١٠٪–١٥٪ ثانى أكسيد كربون إلى خفض معدل التنفس والنمو البكتيرى والمحافظة على السكروز والحرافة فى المنتج المجهز

ويفيد ذلك الجو المعدل – كذلك – فى إبطاء التلون البنى والمحافظة على الجودة

ويتباين معدل التنفس بدرجة كبيرة حسب المدة التى قضاها البصل فى المخازن

المبردة قبل تجهيزه، وكذلك حسب حرارة التخزين بعد التجهيز وطريقة التجهيز كما يلي (بيانات معدل التنفس بالملليجرام من ثاني أكسيد الكربون لكل كيلوجرام من البصل المجهز في الساعة):

الحرارة (°م)	معدل التنفس (ملليجرام ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة) فى حالة تجهيز	
	شرائح بسمك ٢ مم	مكعبات ١ × ١سم
٢	١٤	١٢,٠
٥	٢٣,٤	١٥,٦
١٠	٣٨	٢٢,٨
٢٣	١٢٦-١٣١	٩٠-٩٩

الفصل الخامس

الثوم

يرجع طعم الثوم ورائحته إلى محتواه من المركبات العضوية الكبريتية. والتي تنطلق عند عمل إنزيم الأليينيز alliinase على المادة البادئة عديمة الرائحة الليين alliin وأهم تلك المركبات التي تنتج من هذا التفاعل هو الأليسين allicin، وهو من الثيوسلفينات thiosulfinates، وهو الذي يعد مسئولاً عن الطعم والرائحة المميزتين للثوم كذلك ترجع أهمية الأليسين إلى تحلله إلى عدد من الجزيئات الأخرى التي تحتوى على كبريت، وتعد مفيدة صحيًا للإنسان هذا وينخفض محتوى الأليين تدريجيًا أثناء تخزين أبصال الثوم (Cantwell ٢٠٠٤).

مرحلة اكتمال التكوين المناسبة للحصاد

إذا أخذت درجة الصفر المئوي كحرارة أساس base temperature، فإن تكوين الورقة الواحدة يتطلب من ١٠٠ إلى ١٣١ درجة حرارية يومية degree days، وذلك عند توفر النيتروجين بالمستوى المناسب للنمو (Brewster & Rabinowitch ١٩٩٠).

ويصل الوزن الطازج لنباتات الثوم إلى حده الأقصى قبل الحصاد بنحو شهر، ولكن الوزن الجاف يستمر في الزيادة حتى الحصاد. وبينما تبلغ نسبة المادة الجافة في النباتات النامية حوالى ٢٥٪، فإنها تزداد إلى نحو ٣٠٪ قرب الحصاد

وقد (تقلّع) نباتات الثوم قبل تمام تكوينها للحصول على عائد أكبر عند ارتفاع الأسعار في بداية الموسم. وتباع هذه النباتات بغرض الاستهلاك المباشر ولا تخزن، وذلك لزيادة محتواها من الرطوبة، فلا تتحمل التخزين، ولكن العادة هي أن يقلّع المحصول بعد تمام نضجه

وتحصد الأبصال عندما تصفر الأوراق، وتلين أعناق الأبصال، وترقد النموات

الخضرية إلى أسفل، إلا أن هذا الرقاد لا يحدث إذا كونت النباتات شماريخ زهرية وتكون نسبة التبصيل (قطر البصلة ÷ قطر الساق الكاذبة) فى مرحلة الحصاد هذه حوالى ٤ أو ٥

وفى مصر يكتمل نمو الثوم بعد نحو ٦-٧ أشهر من الزراعة، ويكون ذلك فى شهرى مارس وأبريل فى الوجه القبلى، وشهر مايو فى الوجه البحرى أما علامات اكتمال التكوين، فهى اصفرار الأوراق، وبدء جفافها، وانحناءها نحو الأرض ويجرى الحصاد عندما تظهر هذه الأعراض على نحو ٧٠٪-٩٠٪ من النباتات فى الحقل وقد وجد Maksound & El-Oksh (١٩٨٣) أن الثوم المصرى يجهز للحصاد بعد ٣٠ أسبوعًا من الزراعة، بينما يتأخر الثوم الصينى عنه بأسبوعين

الحصاد، والمعالجة، والإعداد للتسويق

تُقلّع النباتات (بالمناقر)، أو بأوتاد حديدية، ثم تجذب باليد وتنشر فى الشمس لمدة أسبوع إلى أسبوعين حتى تجف العروش، على أن تغطى الرؤوس خلال تلك الفترة بالعروش لحمايتها من أشعة الشمس. وتعتبر تلك هى فترة العلاج التجفيفى، حيث تفقد النباتات خلالها نحو ثلث وزنها، ثم يتم تنظيف النباتات من الطين، واستبعاد الرؤوس المصابة بالأمراض، وبعدها يعبأ المحصول فى أجولة، أو يربط فى حزم بكل منها من ٤-٦ نباتات وقد تجرى عملية الربط هذه بعد الحصاد مباشرة، ثم تترك الحزم فى الحقل لتجف

ويسوق المحصول دون تقطيع العروش، وذلك لتعود المستهلك المصرى على تخزين الثوم بالعروش وإذا أريد تقطعيها، فإن ذلك يكون على أعلى مستوى البصلة بنحو ٣سم بعد الحصاد مباشرة، كما تقطع معها الجذور إلى طول ١سم، ثم تجرى عليها العلاج التجفيفى فى مكان هاوٍ، مع عدم تعريضها فى هذه الحالة لأشعة الشمس المباشرة، وذلك بسبب تقطيع العروش التى كانت تحمى الأبصال ويستمر العلاج بهذه الطريقة حوالى أسبوعين

وعند كثرة الأمطار أو الندى وقت الحصاد فإنه يتعين قطع النموات الخضرية والجذور بعد الحصاد مباشرة، ثم معلجة الأبصال في المخازن مثلما سبق بيانه تحت البصل ويمكن في هذه الحالة قطع النموات الهوائية آليًا على ارتفاع ١٣ سم من قمة الأبصال قبل الحصاد. ويجب ألا يزيد سمك طبقة الأبصال السائبة التي توضع بدون عروش في المخازن عن مترين، مع توفير تهوية جبرية لها

وبمقارنة تقليم الجذور والنموات الهوائية عند الحصاد، أو بعد الحصاد بثلاثة أيام، أو بعد الحصاد بثلاثين يومًا، أو ترك الأبصال بدون تقليم للجذور والنموات الهوائية، ثم التخزين في حرارة تراوحت بين ٢٠ و ٢٥°م لمدة ستة شهور، كانت أفضل معاملة هي تلك التي قلمت فيها الجذور والنموات الهوائية عند الحصاد (Finger & Puiatti ١٩٩٤)

معاملات تحسين القدرة التخزينية

يمكن أن تُعامل النباتات بالماليك هيدرازيد قبل الحصاد، بهدف منع التزريع في المخازن

ومن المعاملات الأخرى التي قد تجرى للثوم، بهدف تحسين القدرة التخزينية، ما يلي:

الغمر في الماء الساخن

لم يؤد غمر فصوص الثوم في حرارة ٥٠°م أو أقل من ذلك إلى خفض تزريع أو تجذير الفصوص المخزنة على ١٠°م مع أكثر من ٩٥٪ رطوبة نسبية، بينما كان غمرها في حرارة ٥٥°م لمدة ١٠ دقائق فعالاً. وكانت معاملة الغمر على ٦٠°م لمدة ٢,٥ دقيقة فعالة كذلك دون أن تحدث أضرارًا وقد أدت المعاملة الحرارية إلى زيادة معدل تنفس الفصوص. بينما لم يكن لها تأثير على الصلابة والحرافة متمثلة في تركيزات الثيوسلفات thiosulfates. وقد تساوت معاملة الغمس في الماء على حرارة ٦٠°م لمدة ٢,٥ دقيقة مع معاملة التخزين في ١٪ أكسجين + ١٠٪ ثاني أكسيد كربون في تثبيط

التزريع والتجذير على صفر–١°م لمدة ستة شهور وبالمقارنة فإن المعاملة بالمثيل جاسمونيت methyl jasmonate بتركيز ١٠$^{-٣}$، و ١٠$^{-٤}$ مولاً كانت غير فعالة فى منع التزريع ولكنها قللت من التجذير (Cantwell وآخرون ٢٠٠٣)

المعالة بأشعة جاما

تؤدى معاملة الثوم بأشعة جاما بجرعة مقدارها ٢ كيلوراد فى خلال ثمانية أسابيع من الحصاد إلى منع التزريع، وتقليل الفقد فى الوزن، وزيادة مدة الصلاحية للتخزين لمدة سنة كاملة بعد الحصاد، هذا إلا أن التزريع لا يتوقف إذا تأخرت معاملة الإشعاع لأكثر من ثمانية أسابيع بعد الحصاد وقد ازداد معدل تنفس الأبصال بعد المعاملة بالإشعاع مباشرة، ولكنه عاد إلى معدله الطبيعى – كما فى الأبصال غير المعاملة – وذلك فى خلال أيام قليلة (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤)

وقد حصل Croci وآخرون (١٩٩٠) على نتائج مشابهة، حيث أدت معاملة الرؤوس بجرعة مقدارها ٥٠ Gy من أشعة جاما بعد شهر من الحصاد، ثم تخزينه لمدة ٣٠٠ يوم فى مخزن عادية تراوحت فيها الحرارة بين ٦ و ٣٢°م، والرطوبة النسبية بين ٤٠٪ و ٥٠٪ . أدى ذلك إلى نقص الفقد فى الوزن فى نهاية فترة التخزين إلى ٢٢٪ مقارنة بفقد فى الوزن قدره ٤٣٪ فى الكنترول غير العامل بالإشعاع، مع نقص نسبة التزريع كثيرًا، بينما لم تتأثر النكهة والطعم المميزين للثوم بمعاملة الإشعاع

وفى دراسة أخرى عامل Wu وآخرون (١٩٩٦) رؤوس الثوم بجرعة مقدارها ٠,١٥ kGy من أشعة جاما قبل تخزينه فى الجو العادى لمدة ثمانية أشهر، بهدف دراسة تأثير معاملة الإشعاع على محتوى الثوم من مركب الداى آليل داى سلفيد diallyl-disulfide الذى يشكل ٧٧٪ من إجمالى المركبات القابلة للتطاير فى الثوم، ويعد أهمها وقد وجد الباحثون أن محتوى الأبصال من هذا المركب انخفض بعد معاملة الإشعاع مباشرة – مقارنة بالكنترول – واستمر الحال على هذا الوضع بعد ٤ شهور من التخزين (٤٣٢ ميكروجرام من المركب/كيلوجرام من فصوص الثوم الطازجة فى الثوم المعامل.

مقارنة بتركيز ٥٢٥ ميكروجرام/كيلوجرام فى الثوم غير المعامل)، ولكن ارتفع محتوى الثوم المعامل بعد ثمانية شهور من المعاملة إلى ٧٥٩ ميكروجرام/كليوجرام فى الفصوص الطازجة مقارنة بتركيز ٦٩٧ ميكروجرام/كيلوجرام فى الثوم غير المعامل

ويستدل من دراسات Croci وآخرون (١٩٩٤) أن الدنا (دى إن أى) هو المكون الخلوى الحساس لمعاملة الإشعاع فى الثوم، حيث انخفض محتوى الدنا الكلى فى البراعم الداخلية بعد معاملة الإشعاع مباشرة، واستمر الانخفاض بانتظام حتى وصل إلى أدنى مستوى له بعد ١٠٠ يوم من المعاملة هذا بينما لم يتأثر محتوى الرنا (آر إن أى) الكلى والبروتين، ومحتوى المركبات الكربوهيدراتية فى الورقة الخازنة أو فى ورقة النبت الداخلية بمعاملة الإشعاع بأشعة جاما بجرعة مقدراها ١٠ Gy.

التخزين

التخزين فى الجو العادى والتخزين المبرد

يمكن تخزين نباتات الثوم بحالة جيدة لمدة قد تصل إلى ٨ أشهر فى مخازن عادية غير مبردة (حرارة ٢٠-٣٠°م)، بشرط أن تكون النباتات تامة التكوين، ومعالجة جيدًا، وأن تكون المخازن جيدة التهوية، وذلك حتى لا تتعفن الأبصال. وتفقد الرؤوس خلال هذه الفترة نحو ٣٥٪-٦٠٪ من وزنها، ويظهر هذا الفقد بعد شهور قليلة من التخزين على شكل تفريغ بسيط فى الفصوص تزداد حدته تدريجيًا، وتصبح أسفنجية ومنكمشة، إلى أن تفقد الرؤوس قيمتها التسويقية قبل موعد حصاد المحصول التالى وتزداد هذه المشكلة حدة فى الثوم الصينى الذى لا يمكن تخزينه بهذه الصورة لأكثر من شهر ديسمبر.

لذا .. فإنه ينصح فى حالة توفر المخازن المبردة أن يتم تخزين الثوم على -١ إلى صفر°م، مع رطوبة نسبية تقدر بنحو ٦٠٪-٧٠٪ على الأكثر. وعلى ألا تزيد الرطوبة عن ذلك لتجنب عفن الرؤوس ونمو الجذور، وألا تقل عن ذلك لتقليل ظاهرة التفريغ إلى أقل مستوى ممكن، ومع مراعاة التهوية الجيدة حتى لا تتراكم الرطوبة فى أى مكان من

المخزن ويمكن بهذه الطريقة حفظ الرؤوس بحالة جيدة نضرة لمدة تزيد عن ٨ أشهر كذلك يمكن تخزين الثوم بحالة جيدة إذا حوفظ عليه باردًا على أقل من ٥°م، مع التهوية الجيدة والرطوبة النسبية المنخفضة.

فى نهاية فترة التخزين يخرج الثوم من حالة السكون؛ الأمر الذى يُستدل عليه من بدء نمو وتكوين البرعم الداخلى. يحدث ذلك بسرعة فى درجات حرارة التخزين المتوسطة بين ٥، و ١٨°م

ولكى يمكن تخزين الثوم لفترات طويلة يجب أن يكون الثوم خاليًا قبل التخزين من أى نمو جذرى جديد وأى نمو داخلى للبراعم بالفصوص (أى قبل انتهاء فترة السكون)، وأن يكون قد تمت معالجته جيدًا. ويمكن الاستفادة من أى من معاملتى الماليك هيدرازيد قبل الحصاد والتعريض للإشعاع بعد الحصاد لأجل منع تزريع الثوم

يفضل دائمًا تخزين الثوم منفردًا بسبب ما ينتجه من مركبات متطايرة يمكن أن تكتسبها المنتجات الأخرى التى تخزن معه (Salunkhe & Desai ١٩٨٤، و Brewster ١٩٩٤، و Cantwell ٢٠٠٤)

وبينما لا يعد الثوم حساسًا للبرودة، فإن حرارة التخزين الموصى بها (–١°م) تكون أعلى مباشرة من درجة تجمده.

أما الرؤوس المعدة لاستخدامها كتقاو، فإنها يجب أن تخزن فى حرارة تتراوح بين ٥ و ١٠°م، على ألا تنخفض درجة حرارة التخزين عن ٤°م، أو ترتفع عن ١٨°م، وذلك لأن الحرارة الشديدة الانخفاض تؤدى إلى التبكير الشديد فى النضج، مما يؤدى إلى نقص المحصول، وزيادة نسبة الأبصال غير المنتظمة الشكل، بينما تؤخر الحرارة العالية إنبات الفصوص وتكوين الأبصال والنضج

التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته

قارن Liu وآخرون (١٩٩٦) التغيرات الفسيولوجية والكيميائية الحيوية التى تحدث

فى الثوم بعد الحصاد عند تخزينه فى هواء متحكم فى مكوناته (٢٪-٥٪ أكسجين، و ٨٪-١٠٪ ثانى أكسيد الكربون) على حرارة ١-٥°م مع الثوم المخزن فى حرارة الغرفة، والثوم المخزن على ٣٥°م فى أكياس من البوليثيلين ووجد الباحثون أن معدل التنفس. والمحتوى البروتينى للفصوص، ومحتواها من حامض الأسكوربيك ازدادت تدريجيًا مع الوقت عند التخزين فى حرارة الغرفة، بينما انخفض بشدة محتواها من السكريات والمادة الجافة بعد شهرين من التخزين حينما بدأت الفصوص فى التزريع أما التخزين فى الهواء المتحكم فى مكوناته على ١-٥°م فقد أدى إلى منع التزريع طول مدة التخزين (٨ أشهر) وظلت ٩٥٪ من الأبصال بحالة جيدة وتشابهت نتائج التخزين فى حرارة ٣٥°م فى أكياس من البوليثيلين مع نتائج التخزين فى الهواء المعدل.

وتفيد التركيزات العالية من ثانى أكسيد الكربون (٥٪-١٥٪) فى تثبيط تزريع الثوم ومنع إصابته بالأعفان عندما يكون التخزين على صفر-٥°م ولا يفيد التركيز المنخفض من الأكسجين (٠,٥٪) — وحده — فى تثبيط التبرعم على صفر°م مع التخزين لمدة ٦ شهور هذا إلا أن التركيز العالى من ثانى أكسيد الكربون (١٥٪) قد يؤدى إلى ظهور شفانية translucence صفراء ببعض الفصوص بعد نحو ٦ شهور من التخزين (Cantwell ٢٠٠٤).

الظواهر والتغيرات المصاحبة للتخزين

التنفس

يتباين تنفس الثوم (بالملليجرام ثانى أكسيد كربون لكل كيلوجرام فى الساعة) حسب حالة المنتج وحرارة التخزين، كما يلى (Cantwell ٢٠٠٤):

حرارة التخزين (°م)	أبصال كاملة	فصوص مقشرة
صفر	٤-١٢	٢٤
٥	٨-٢٤	٣٠-٤٠
١٠	١٢-٣٦	٧٠-١٠٠
١٥	١٤-٣٠	—
٢٠	١٤-٢٦	—

التزريع

سبقت الإشارة إلى موضوع تزريع فصوص الثوم تحت موضوع التخزين هذا وتتباين أصناف الثوم فى نسبة فقد الأبصال لوزنها ونسبة تزريعها أثناء التخزين (Jeong & Park ١٩٩٤).

ظهور العيوب الفسيولوجية

إن من أهم العيوب الفسيولوجية التى تظهر أثناء التخزين، ما يلى

التدهور الشمعى:

التدهور الشمعى waxy breakdown عبارة عن عيب فسيولوجى يظهر على الثوم فى المراحل المتأخرة من نموه، ويرتبط – غالبًا – بارتفاع الحرارة قرب الحصاد. تبدأ الأعراض بظهور مساحات صفراء باهتة بالفصوص ذاتها تزداد دكنتها إلى اللون الأصفر أو الكهرمانى، وبعد ذلك يصبح الفص شفافتى translucent، ولزج، وشمعى، ولكن دون أن تتأثر القشرة الخارجية عادة. ويكثر ظهور هذه الحالة فى الثوم المخزن، بينما يندر ظهورها فى الحقل وبالإضافة إلى ارتباط ظهورها بالحرارة العالية ولسعة الشمس قبل الحصاد، فإن انخفاض الأكسجين وسوء التهوية أثناء التداول والتخزين قد تُسهم – هى الأخرى – فى تطور الحالة (Cantwell ٢٠٠٤)

التفريغ:

تحدث ظاهرة التفريغ فى الثوم المخزن لعدة أشهر فى ظروف غير مناسبة، كدرجات الحرارة المرتفعة، أو الرطوبة النسبية الشديدة الانخفاض، إذا تفقد الفصوص فى هذه الحالات نسبة عالية من رطوبتها، فتنكمش داخل الورقة الخارجية الحامية للفص، كما يفقد الفص جزءًا من محتواه من المواد الكربوهيدراتية فى التنفس نتيجة لارتفاع معدلات التنفس فى درجات الحرارة العالية ويؤدى كل ذلك إلى احتفاظ الرؤوس بشكلها العادى، ولكنها تكون خفيفة الوزن بسبب انكماش الفصوص، وتفريغها من الجزء الأكبر من محتواها من الرطوبة والغذاء المخزن.

التصدير

يعد الثوم من محاصيل التصدير التقليدية، وهو يصدر على صورتيه الطازجة والجافة وتصدر مصر كميات محدودة من الثوم إلى بعض البلدان العربية، بينما يوجه معظم محصول التصدير إلى دول غرب أوروبا وأهمها فرنسا وإيطاليا، وتقوم الأخيرة بإعادة تعبئته وتصديره بأسعار عالية. وتفضل السوق الأوروبية الثوم ذو الفصوص الكبيرة.

يصدر الثوم المصرى خلال شهرى أبريل ومايو، حيث تخلو السوق الأوروبية من المنافسة الأجنبية، ولكن هذه الأسواق سرعان ما تتحول إلى محصول الثوم الإسبانى، والياباني، والإيطالى بمجرد ظهوره، بدءًا من شهر يونيو، وذلك نظرًا لتفوقه على الثوم المصرى فى حجم الرؤوس والفصوص، لذا فإن اتباع الأساليب التى تؤدى إلى التبكير فى الإنتاج تعنى زيادة فرص التصدير بأسعار عالية.

ولا يصدر عادة إلا المحصول المنتج فى محافظتى المنيا وبنى سويف، وذلك لخلوه من الإصابة بالصدأ. ولزيادة صلاحيته للتخزين. أما محصول المحافظات الرئيسية الأخرى المنتجة للثوم، مثل: الدقهلية، والغربية، والقليوبية، فإنه يسوّق محليًّا.

وينص القانون المصرى على عدم جواز تصدير الثوم إلا إذا كانت الرؤوس سليمة، ونظيفة، وتامة النضج، ومتماثلة فى اللون، وغير متأثرة بالرطوبة (ساخنة) أو بلفحة الشمس (مسلوقة)، وأن تكون فصوصه جافة القشرة، وغير مزرعة. وفى حالة تصديره بعروشه يجب أن تكون العروش جافة القشرة كما يجب ألا تزيد نسبة الإصابة بالعطب والجروح غير الملتئمة عن ١٪

ويصنف الثوم المصدر إلى ثلاث رتب هى كما يلى:

١- خاص وهو مالا تزيد نسبة الثوم المقشور، وغير المتلئ، وغير المتماسك الفصوص، وكذا المصاب بالصدأ أو العفن الأسود والجروح الملتئمة على ١٠٪

٢- تجارى: وهو ما تزيد فيه نسبة العيوب السابقة على ١٠٪، ولا تتجاوز ٢٠٪.

٣- نقضة: وهو ما تزيد فيه نسبة العيوب السابقة على ٢٠٪، ولا تتجاوز ٥٠٪

ولا يجوز تصدير الثوم من رتبة النقضة إلا إلى أسواق معينة يمكنها أن تتقبل هذه النوعية من الثوم، أو إذا قدم شهادة مصدقة بأن الرسالة المصدرة ستستعمل في أغراض صناعية

ويجوز تدريج الثوم من رتبتي الخاص والتجاري إلى الأحجام التالية:

١– كبير: وهو ما يزيد قطر الرأس منه على ٥,٥ سم
٢– متوسط. وهو ما يزيد قطر الرأس منه على ٤,٥ سم، ولا يتجاوز ٥ ٥ سم
٣– صغير: وهو ما يزيد قطر الرأس منه على ٢,٥ سم، ولا يتجاوز ٤,٥ سم.

ويشترط في الثوم غير المدرج ألا يقل قطر الرأس منه عن ٣,٥ سم ويرخص بالتجاوز عن هذه المقاسات السابقة بما لا يزيد على ٧٪ من محتويات الطرد

وعند شحن الثوم في الحاويات يجب أن يتم تحميل الحاوية وهي في درجة الصفر المئوي بمنتج مبرد إلى درجة الصفر المئوي وبحد أقصى ٥°م تضبط التهوية داخل الحاوية لتكون بمعدل ١٠م³/ساعة للحاويات الـ ٢٠ قدم، و ١٥م³/ساعة للحاويات الـ ٤٠ قدم أما الرطوبة النسبية فإنها تكون في حدود ٦٥٪–٧٠٪

هذا ويتجمد الثوم على حرارة –٠,٨°م وبينما يحتفظ الثوم بجودته لمدة ٢١–٢٨ يومًا على حرارة ٢٠°م، فإنه يحتفظ بجودته لمدة ٦–٧ شهور تحت الظروف المبينة أعلاه

وإذا كان هواء الحاويات متحكم فيه فإن الهواء يجب أن يحتوى على ١٪–٢٪ أكسجين + صفر ٪ حتى ١٠٪ ثاني أكسيد كربون.

الثوم المجهز للمستهلك

يجهز الثوم للمستهلك بتقشير الفصوص (إما يدويًا ، أو آليًا بواسطة الهواء المضغوط)، الأمر الذي يعرضها لتغير لونها سطحيًا، وفقدها للرطوبة، وتلفها جراء النمو الميكروبي عليها، وفقدها لقدرتها على التخزين ومن الظواهر الأخرى التي تسبب فقد الجودة التزريع والتجذير اللذان يحدثان بسبب الرطوبة النسبية العالية التي تسود في

العبوات البلاستيكية خاصة عندما تزيد حرارة التخزين عن تلك الموصى بها، وهى صفر-٢°م

وتفيد زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون إلى ١٥٪-٢٥٪ فى تثبيط التزريع، لكنها لا تمنع التجذير فى ظروف الرطوبة العالية

ومما يزيد مشكلتا التزريع والتجذير تعقيدًا أن الفصوص قد يجرى إعدادها للمستهلك بالتقشير بعد شهور طويلة من التخزين تكون قد انتهت خلالها من فترة السكون (عن Cantwell وآخرين ٢٠٠٣).

وتعبأ فصوص الثوم المقشورة (وهى التى تجهز — غالبًا — لخدمات المطاعم، وليست لمحلات البيع للمستهلك) فى أكياس بلاستيكية، أو فى كراتين مبطنة بالبلاستيك وتؤدى عملية التقشير الآلية إلى إحداث أضرار كثيرة بالفصوص، وهى التى تكون المصدر الرئيسى للإصابة بالأعفان وتدهور الجودة.

ويوصى دائمًا بالتخزين على حرارة منخفضة (صفر-٥°م) للمحافظة على الجودة، حيث يمكن تخزين الفصوص المقشرة لمدة ٢-٣ أسابيع. ويؤدى ارتفاع الحرارة عن ٥°م إلى ظهور تلون وردى وبنى فى الأجزاء المضارة من الفصوص، فضلاً عن تزريع الفصوص وتجذيرها وتغير طعمها (Cantwell ٢٠٠٤)

ولقد انخفض محتوى فصوص الثوم المقشرة (المعدة للمستهلك) من الثيوسلفانات thiosufinates (معظمها alliin) بنسبة ١٠٪-١٥٪ خلال ثلاثة أسابيع من التخزين على ٥°م، مع زيادة نسبة الفقد بارتفاع حرارة التخزين عن ذلك.

أما الثوم غير المقشر فقد فَقَدَ نحو ٢٥٪ إلى ٤٠٪ من حرافته بعد ٤ شهور من التخزين على ١°م فى الهواء، ولكن الهواء المتحكم فى مكوناته والذى يحتوى على ٠,٥٪ أكسجين + ٥٪ أو ١٠٪ ثانى أكسيد كربون فقد حافظ فيه الثوم على مستوى حرافته (Cantwell ٢٠٠٠).

ويمكن أن يؤدى تغليف الفصوص بالمواد الصالحة للأكل إلى زيادة فترة بقاء الفصوص

بحالة جيدة. وتحتفظ الفصوص بجودتها لمدة ٢١ يومًا على حرارة صفر°م، تقل إلى ثمانية أيام فقط على حرارة ١٥°م، وكانت أفضل جودة على حرارة ٥، و ١٠°م فى جو يحتوى على ١٪ أكسجين + ١٠٪ ثانى أكسيد كربون حيث لم يحدث أى تحلل وكان التغير اللونى أقل ما يمكن.

هذا ويزداد معدل التنفس فى الفصوص المقشرة يدويًا بنسبة ٥٠٪ عما فى الفصوص غير المقشرة، مقارنة بزيادة مقدارها ٥٪–١٠٪ – فقط – فى الفصوص المقشرة آليًا عند التخزين على ٥°م، و ٢٠٪–٣٠٪ عند التخزين على ١٠°م

ويتباين معدل تنفس الثوم المقشر (بالملليجرام ثانى أكسيد كربون لكل كيلوجرام فى الساعة) حسب درجة حرارة التخزين، كما يلى:

الحرارة (°م)	معدل التنفس
٥	٣٥
١٠	٥٧

الفصل السادس

الأسبرجس

توقيت بداية الحصاد فى مزارع الأسبرجس ومدته السنوية

أيًا كانت الطريقة التى تتبع فى تكاثر الأسبرجس .. فإنه يلزم – عادة – مرور ثلاث سنوات كاملة من زراعة البذور إلى حين الحصول على محصول جيد من الأسبرجس، علمًا بأن الحصاد يبدأ خلال العام الثالث ذاته – أى بعد مرور سنتين على زراعة البذور أو سنة واحدة على شتل التيجان – ولكن لفترة قصيرة لكى لا يؤثر على مخزون الغذاء للعام التالى كما يمكن فى المناطق ذات موسم النمو الطويل بداية الحصاد خلال العام الثانى لزراعة البذور أو فى سنة شتل التيجان، ولكن لفترة قصيرة جدًا للهدف ذاته

إن الهدف من تأجيل الحصاد هو إعطاء النباتات فرصة لكى يتكون لها ريزومات وجذور لحمية كبيرة، لأن ما يخزن بها من غذاء هو الذى يعتمد عليه النبات – عند إنتاج محصول المهاميز الجديدة – فى بداية الربيع. وللسبب ذاته . فإن فترة الحصاد تكون قصيرة فى أول موسم للحصاد، ولا تتعدى شهرًا واحدًا، ثم تزيد – تدريجيًا – بعد ذلك إلى أن تصل إلى ٢-٣ أشهر (Thompson & Kelly ١٩٥٧)، لكن يفضل ألا تزيد فترة الحصاد عن شهرين. وينصح Shelton & Lacy (١٩٨٠) بتقصير فترة الحصاد عن ذلك خلال السنوات الأولى من عمر المزرعة. وتبين ذلك من دراستهما – المبينة فى جدول (٦-١) على صنف الأسبرجس مارى واشنطون، الذى شتلت نباتاته وهى بعمر سنة، وتركت لمدة عامين دون حصاد، ثم بدأت معاملات الحصاد فى السنة الثالثة، واستمرت لمدة عامين، ثم درس تأثيرها على المحصول فى السنة التالية وقد تبين من دراستهما أن مستوى المواد الكربوهيدراتية المخزنة فى جذور الأسبرجس يقل أثناء الحصاد، ويستمر فى النقصان أثناء مرحلة النمو الخضرى أيضًا. ثم يبدأ فى الزيادة بعد

اكتمل نمو السيقان، حيث يصل مستوى الغذاء المخزن فيها إلى ما كان عليه قبل بدء الحصاد في حوالى منتصف فصل الصيف، وقد تساوى مستوى الغذاء المخزن في الجذور في جميع المعاملات في نهاية فصل الصيف

جدول (٦-١): تأثير فترة الحصاد خلال السنتين الثالثة والرابعة من عمر المزرعة على كمية المحصول ونوعيته في السنة الرابعة[1] (عن Shelton & Lacy ١٩٨٠).

فترة الحصاد بالأسبوع			محصول عام ١٩٧٨[2]		
١٩٧٦	١٩٧٧	١٩٧٨	عدد المهاميز الصالحة للتسويق[3]/هكتار (× ١٠٠)	الحصاد الصالح للتسويق (كجم/هكتار)	النسبة المئوية للمهاميز الصالحة للتسويق
صفر	٤	٦	١٥٥ أ	٣١٢٠ أ	٦٥ أ
٢	٦	٦	١٣٠ أ	٢٦٤٠ أ	٦٥ أ
٤	٨	٦	٩٩ ب	١٩٥٥ ب	٥٨ ب
٦	١٠	٦	٨٤ ب	١٧٠٦ ب	٥٥ ب

(١) تركت الزرعة بدون حصاد خلال أول سنتين من عمرها

(٢) القيم التي يليها حرف أبجدي مشترك لا تختلف عن بعضها جوهريًا على مستوى احتمال ٥٪، حسب اختبار دنكن.

(٣) اعتبرت المهاميز الصالحة للتسويق تلك التي لا يقل قطرها عن ١ سم.

وفي كل الأحوال يجب عدم إطالة فترة الحصاد إلى الحد الذي يؤدي إلى تقصير فترة النمو القمي عن أربعة شهور، كما لا تجب زيادة فترة الحصاد – حتى مع توفر موسم النمو الطويل – عن ٨٠ إلى ٩٠ يومًا، أو عن الفترة التي يلاحظ بعدها صغر أقطار المهاميز؛ لأن ذلك يعني استنفاذ الغذاء المخزن في الجذور، وهو الذي يلزم جزء منه لبدء دعم النمو الخضري بعد انتهاء موسم الحصاد

هذا وتترتب البراعم على تيجان الأسبرجس في حلقة هرمية يكون أكبرها حجمًا وأولها في النمو الأقرب إلى المركز. وعندما ينمو برعم من التاج لينتج مهمازا، فإنه يعطي – كذلك – إشارة لبرعم آخر على هذا التاج لينمو بدوره ومع كل مهماز جديد نام يتم

حصاده يقل قطر المهماز الجديد، لأن البراعم التالية في النمو تكون أصغر حجمًا وتنتج مهاميز أقل قطرًا. وتكون أكبر المهاميز قطرًا هي تلك التي يتم حصادها بين الأسبوعين الثاني والخامس من فترة الحصاد (Ohio State University ٢٠٠٩)

ويمكن في الظروف المصرية حصاد الأسبرجس إما خلال شهرى فبراير ومارس، وإما خلال الفترة من أكتوبر إلى ديسمبر، ويتوقف ذلك على الفترة التي يتم خلالها التوقف عن الري؛ فلأجل الحصاد في الربيع يوقف الري خلال شهي نوفمبر وديسمبر. ولأجل الحصاد في الخريف يوقف الري من منتصف أغسطس إلى منتصف سبتمبر

المدة السنوية للحصاد وعلاقاتها بعمر المزرعة وقوة النمو النباتي

يمكن في المناطق التي يكون موسم النمو فيها طويلاً بدء الحصاد بعد عام واحد من زراعة التيجان كما أسلفنا، علمًا بأن ذلك الإجراء لا يفيد فقط في في الحصول على محصول من الأسبرجس في العام التالي لعام الزراعة، وإنما يتعداه إلى زيادة سمك المهاميز المنتجة في الموسم التالي لموسم الحصاد الأول، ويرجع ذلك إلى أن الحصاد يؤدي إلى التغلب على ظاهرة السيادة القمية في التيجان وتحفيز البراعم الساكنة فيها على النمو. أما في المناطق التي يكون موسم النمو فيها قصيرًا فإن التأثير السلبي لبدء الحصاد بعد عام واحد من زراعة التيجان على النمو النباتي يكون قويًا نظرًا لأن الفترة التي تتبقى من موسم النمو – بعد الحصاد – لا تكون كافية لإعطاء نمو خضري جيد وتخزين قدر كافٍ من الغذاء المجهز في الجذور

وتؤدي زيادة فترة الحصاد عن ثمانية أسابيع في المزارع المعمرة إلى زيادة المحصول (عدد المهاميز ووزنها الكلي)، ولكن مع نقص نسبة المهاميز الكبيرة الحجم، ونقص محصول العام التالي؛ بسبب استنزاف فترة الحصاد الطويلة لمخزون الغذاء المخزن بالجذور، وتقليلها لعدد البراعم المتكونة والتي تلزم للنمو الخضري، وتقليلها لقوة النموات الخضرية التي تتكون بعد الحصاد، وتأخيرها لبدء تراكم المواد الكربوهيدراتية

بعد انتهاء فترة الحصاد، وكذلك تأخيرها لتكوين البراعم؛ الأمر الذى يعمل على تقليل عمر المزرعة (عن Drost ١٩٩٧).

يوقف الحصاد – عادة – بعدما يلاحظ حدوث نقص سريع فى أعداد المهاميز المتكونة وأقطارها، فذلك يعنى أن مخزون المواد الكربوهيدراتية قد انخفض. وأن استمرار الحصاد بعد ذلك يمكن أن يؤدى إلى خفض المخزون إلى مستوى يؤثر سلبيًّا على النمو الخضرى، الذى يؤثر – بدوره – سلبيًا – على محصول المهاميز فى العام التالى وعمومًا لا تزيد فترة الحصاد عن ٢–٣ أسابيع فى السنوات التى تعقب السنوات التى يكون النمو الخضرى فيها محدودًا، بينما تزيد فترة الحصاد إلى ١٥ أسبوعًا عندما يكون النمو الخضرى السابق له قويًا (عن Rubatzky & Yamaguchi ١٩٩٩).

ونظرًا لتوقف فترة الحصاد على درجة الحرارة السائدة – وهى التى تختلف من سنة لأخرى – فإنه لا يفضل تحديد مدة معينة للحصاد سنويًا حسب عمر المزرعة. ولكن يفضل الاستمرار فى الحصاد إلى أن يظهر أن حوالى ٢٥٪ إلى ٧٥٪ من المهاميز أصبحت أقل من ٩ مم فى القطر، فحينئذ يحسن التوقف عن الحصاد لذلك العام (Wolyn ١٩٩٣).

ولقد أدى استمرار فترة الحصاد من مارس إلى أكتوبر (من مزرعة مرباه بطريقة سيقان الأمهات mother stalk cultivation method) إلى حدوث تدهور تدريجى فى نوعية المهاميز وقدرتها على التخزين على ٥ ١°م مع تقدم موسم الحصاد ولقد انخفض محتوى المهاميز من السكريات الذائبة والأحماض العضوية بنحو ٥٣٪ – مقارنة بالمحتوى فى المهاميز الطازجة – وذلك بعد ٧ أيام من التخزين (Bhowmik وآخرون ٢٠٠٢).

وجدير بالذكر أنه أمكن تطوير software يعرف باسم *AspireNZ*، لاستخدامه فى تحديد متى يجب التوقف عن الحصاد سنويًا على أساس مستوى المواد الكربوهيدراتية فى الجذور (Wilson وآخرون ٢٠٠٩).

وقد اتضح من دراسة أجريت لمدة ثمانى سنوات على ١٣ تركيبًا وراثيًا من الأسبرجس وجود ارتباط عال (r ≤ ٩٥ ٠) بين حاصل ضرب دليل قوة النمو الخضرى

× النسبة المئوية السنوية للمحصول الصالح للتسويق، وبين المحصول الكلى، وكان المحصول الكلى مرتبطًا جوهريًا بدرجة عالية بدليل قوة النمو الخضرى، ولكن ليس مع المحصول الصالح للتسويق ويمكن بالاستفادة من تلك العلاقات التنبؤ بالمحصول الكلى المتوقع فى نهاية الموسم بعد ثلاث جمعات فقط من أوله (Wolyn ١٩٩٣).

وجد لدى مقارنة محصول المهاميز المتحصل عليها من نباتات بعمر سنة واحدة، و ٤ سنوات، و ٧ سنوات أن عدد المهاميز لم يكن معتمدًا على عمر النبات، ولكن قطر المهماز ووزنه كانا معتمدين. وقد تبين أن ٢٦٪ من التباينات فى قطر المهاميز، و ٢٧٪ من التباينات فى متوسط وزنها يمكن إرجاعها إلى وزن التيجان وعمر النباتات معًا (Krzesinski وآخرون ٢٠٠٨).

الأمور التى تجب مراعاتها عند الحصاد

يجب أن يراعى عند الحصاد الأمور التالية

١- تكون بداية الحصاد (التى تتوافق مع بداية ارتفاع درجة الحرارة فى نهاية شهر فبراير وأوائل شهر مارس) تكون عندما تصبح المهاميز الأولى فى التكوين بطول ١٨-٢٠ سم فوق سطح الأرض

٢- يكون الحصاد فى بداية الموسم كل ثلاثة أيام، ولكن مع التقدم نحو منتصف موسم الحصاد يمكن أن تقطع المهاميز يوميًا أو كل يومين حسب درجة الحرارة السائدة وقد يحتاج الأمر إلى تكرار الحصاد صباح ومساء كل يوم فى الأيام شديدة الحرارة

تؤثر حرارة التربة على سرعة نمو المهاميز، حيث تبدأ نموها فى حرارة ١٠°م، ويزداد معدل نموها بارتفاع درجة الحرارة إلى أن يبلغ معدل النمو أقصاه فى حرارة ٢٤-٢٩°م ويمكن عن طريق التحكم فى طول المهماز عند الحصاد التحكم فى الفترة بين القطفات، والعكس بالعكس، وذلك باعتبار أنه لا يمكن التحكم فى درجة الحرارة كما تجدر الإشارة إلى أن سرعة نمو المهاميز تتضاعف مع كل زيادة فى درجة الحرارة مقدارها عشر درجات فى المجال الحرارى الملائم للنمو

يمكن فى الجو المعتدل البرودة حصاد المهاميز وهى بطول ٢٢٥ – ٢٥ سم حيث أن قواعدها لا تكون سريعة التخشب وقممها سريعة التفتح فى الحرارة المنخفضة، بعكس الحال فى الجو الدافئ الذى يتعين فيه حصاد المهاميز وهى أقصر من ذلك لتجنب تخشبها وتفتحها وقد يتطلب الأمر إجراء الحصاد مرتين أو ثلاث مرات يوميًا فى الجو الحار.

وتزداد – عادة – نسبة المهاميز التى يجرى استبعادها صيفًا – عند ارتفاع درجة الحرارة – إلى حوالى ٥٠٪، ويكون الاستبعاد بسبب تفتح قمة المهماز وتفرعها، ونحافتها الزائدة، وتدببها بشدة عند القمة (عن Takatori وآخرين ١٩٧٧)

٣- يجرى الحصاد عادة فى الصباح الباكر، حيث تكون الحرارة منخفضة نسبيًا (وهذا أمر مرغوب فيه، لأن نوعية مهاميز الأسبرجس تتدهور بشدة بعد الحصاد فى الجو الحار)، وتكون المهاميز نضرة ويسهل قصفها.

هذا . ويكون وزن المهماز – قبل الحصاد – أعلى ما يمكن فى الصباح الباكر، ثم يقل وزنه قليلاً مع تقدم الوقت، ذلك لأنه يكون أكثر امتلاء بالرطوبة قبل ارتفاع الحرارة وانخفاض الرطوبة النسبية أثناء النهار

تبين أن المهاميز التى تحصد فى الصباح الباكر جدًا (الساعة ٢,٠٠ صباحًا) تحتفظ بجودتها لمدة ١,١ يومًا أطول على ٢٠°م عن تلك التى تحصد الساعة ٢,٠٠ بعد الظهر، كما أن محصول بداية موسم الحصاد يكون أقل قابلية للإصابة بعفن القمة عن محصول باقى الموسم كذلك وجد أن المهاميز الطويلة ينخفض محتواها من المواد الكربوهيدراتية الكلية عن المهاميز الأقصر (Lill & Borst ٢٠٠١).

٤- يجب عدم ترك أية مهاميز لتنمو إلى سيقان خضرية اثناء موسم الحصاد، وإنما يتعين قطعها والتخلص منها، ذلك لأن النموات الجديدة قد تجذب إليها الحشرات وتصاب بالأمراض فى الوقت الذى لا يمكن فيه المكافحة بالمبيدات بسبب الحصاد اليومى، كما أن النموات الخضرية تثبط نمو المهاميز الجديدة (عن Ohio State University ٢٠٠٩)

الحصاد

إعداد الحقل للحصاد

تتم حراثة النموات الهوائية الجافة للموسم السابق وتقطيعها وخلطها بالطبقة السطحية من التربة فوق مستوى التيجان – قبل بدء الحصاد في الموسم الجديد بنحو ٢-٣ أسابيع. وقد تقطع النموات الهوائية الجافة عند مستوى سطح التربة وتزال من الحقل تمامًا إذا كان حرثها في التربة يمكن أن يضر بالتيجان.

ويمكن بعد الحراثة مباشرة المعاملة بأحد مبيدات الحشائش السابقة للإنبات المصرح بها فوق البقايا المزقة وقد يلجأ المزارعين إلى التخلص من بقايا نموات الموسم السابق قبل المعاملة بمبيدات الحشائش لزيادة فاعليتها.

وقد يحتاج الأمر إلى تسوية سطح المصاطب باستعمال بتانة، وأو بسحب ثقل عليها، وذلك قبل بدء الحصاد بنحو ٢-٣ أسابيع

وتجدر الإشارة إلى أن التخلص من نموات الموسم السابق مبكرًا يؤدى إلى رفع حرارة التربة وتحفيز النمو المبكر للمهاميز (عن Ohio State University ٢٠٠٩)

هذا . وقد يجرى الحصاد آليًا أو يدويًا.

وعندما يكون العمل بكفاءة عالية .. يكفي لحصاد فدان الأسبرجس يدويًا رجلين في كل يوم حصاد، وتقل احتياجات العمالة بنسبة ١٥٪-٢٠٪ عند الاعتماد على الآلة في حمل العمال فوق مصاطب الأسبرجس

الحصاد الآلى

يحصد الأسبرجس آليًا في عدد قليل من المزارع الكبيرة بالولايات المتحدة وأوروبا، إلا أن كفاءة عملية الحصاد الآلى لا تكون عالية نظرًا لأن المهاميز لا تظهر في وقت واحد، كما أنها تكون في درجات مختلفة من النمو وتختلف في أطوالها؛ ولذا . فإن المحصول الناتج من الحصاد الآلى يناسب التصنيع أكثر مما يناسب الاستهلاك الطازج وفي حالة

إجراء الحصاد آليًا فإن ذلك يتم كل حوالى ٣–١٠ أيام لعدة مرات خلال الموسم، علمًا بأن الآلة ذاتها لا تقوم بالحصاد، وإنما بتوفير الراحة للعمال الذين يقومون بقطع المهاميز ووضعها على سير يتحرك من جانبى الآلة نحو منتصفها عند الجرار. ويعد انخفاض تكلفة الحصاد الميزة الوحيدة للحصاد الآلى، بينما يكون المحصول الناتج أقل كمية وجودة

الحصاد اليدوى

يمكن إجراء الحصاد اليدوى إما بقطع المهاميز؛ بالسكين من تحت سطح التربة، وإما بقصفها باليد من فوق سطح التربة، مع مراعاة أن يتراوح طولها البارز فوق سطح التربة – بالنسبة للأسبرجس الأخضر – بين ١٣، و ٢٠ سم.

يجرى قطع المهاميز بالسكين من تحت سطح التربة بحوالى ٣–٥ سم، مع مراعاة الاحتراس حتى لا يجرح تاج النبات أو المهاميز الأخرى، وتتم عملية القطع بإنزال سكين خاص رأسيًا بجانب المهماز المراد حصاده، ثم يضغط عليه باتجاه المهماز وبينما يتطلب القطع بالسكين وقتًا أطول للحصاد عما تتطلبه عملية القصف اليدوى، فإنه يؤدى إلى زيادة المحصول بين ٢٠٪، و ٢٥٪ لأن المهاميز تكون أطول ولكن يعاب على القطع من تحت سطح التربة احتمالات تجريح المهاميز الأخرى المتكونة من نفس التاج والتى تكون فى طريقها إلى الظهور

ويكون حصاد المهاميز البيضاء أكثر صعوبة من الخضراء؛ حيث يتم ذلك بمجرد ظهور قمتها عند سطح التربة أو حتى قبل ذلك عندما تبدأ فى رفع غطاء التربة بواسطة القمة النامية، ذلك لأن تعرضها للضوء يؤدى إلى تكون الكلوروفيل فيها؛ الأمر الذى يحط من قيمتها التسويقية ويجب غرس سكين الحصاد حتى قاعدة المهماز لقطعه أعلى التاج مباشرة دون تجريحه (Rubatzky & Yamaguchi ١٩٩٩)

يراعى دائمًا عند الحصاد بالسكين تجنب تجريح التيجان، والبراعم، والمهاميز الصغيرة النامية التى لم تظهر بعد على سطح التربة

أما الطريقة الأخرى للحصاد اليدوى فإنها تجرى بجذب المهماز – يدويًا – مع الإمساك به من أسفل القمة النامية بقليل، وقصفه من تحت سطح التربة. يكون قصف المهماز – عادة – أعلى منطقة التليف مباشرة، بمعنى أن جزء المهماز الذى يتبقى فى الحقل يكون متليفًا، وهو يكون – عادة – جزءًا صغيرًا سريعًا ما يجف ويتحلل. ولا يظهر مهماز جديد من نفس الموقع، ولكنه يتكون من برعم آخر من مكان آخر من التاج. وتتميز المهاميز التى تحصد بالقصف اليدوى بأنها تكون خضراء اللون على امتداد طولها، ولا تحتاج إلى تشذيب.

وعلى الرغم من تفضيل المستهلك للمهاميز التى تكون قواعدها خضراء اللون، فإن وجود قاعدة بيضاء قصيرة (بقطع المهماز تحت سطح التربة بقليل) يجعل المهماز أقل عرضة للإصابة بالأعفان قبل وصوله إلى المستهلك (Luo وآخرون ٢٠٠٤)

يراعى قطع واستبعاد جميع المهاميز التى تتجاوز مرحلة النمو المناسبة للاستهلاك، لأن تركها على النبات يؤدى إلى تقصير فترة الحصاد، وصعوبة حصاد المهاميز التى تظهر بعد ذلك. هذا . مع العلم بأن المهاميز التى يزيد طولها البارز فوق سطح التربة عن ٢٠ سم، تكون متليفة، وتتفتح براعمها (تحدث بها ظاهرة التربيش)، ويزداد طول سلامياتها، ويقل اندماج قمتها

وقد أدى قطع المهاميز من تحت سطح التربة مباشرة وهى بطول ١٣، أو ١٨، أو ٢٢سم مع تقسيمها بعد الحصاد حسب قطر قواعدها إلى صغيرة (٠,٦٠–٠,٩٥سم)، ومتوسطة (١,٠–١,٢٥سم)، وكبيرة (١,٢٦–١.٥٩سم)، وضخمة (جمبو، > ١,٦سم)، ومستبعدة culls أدى ذلك إلى نقص محصول المهاميز الصغيرة والمتوسطة جوهريًا حينما كان الحصاد عند طول ١٣ سم مقارنة بطول ١٨ سم أو ٢٣ سم. أما محصول المهاميز الجمبو وكذلك المحصول الكلى فقد ازداد جوهريًا مع كل زيادة فى طول المهماز عند الحصاد (Dean ١٩٩٣).

أما المهاميز التى يتم تبييضها بالترديم على تيجان النباتات . فإنها تحصد بمجرد ظهور قمتها فوق سطح التربة، حتى لا تكتسب اللون الأخضر، ويكون قطعها من أسفل

سطح كومة التراب بنحو ١٥ سم. مع ضرورة أن يكون القطع فوق مستوى تاج النبات بنحو ٣-٥ سم، حتى لا يتضرر من جراء عملية الحصاد

وبصورة عامة .. تتطلب المحافظة على الجودة مراعاة ما يلي عند إجراء الحصاد:

١- يخصص للحصاد عمال لتدريبهم ويفضل ألا يتغيرون

٢- يبدأ الحصاد في الصباح الباكر في موعد أقصاه الثامنة صباحًا ودونما انتظار لزوال الندى

٣- يكرر الحصاد في نفس اليوم مرة أخرى أو مرتان أو ثلاث مرات كلما وصلت أطوال المهاميز إلى ٢١-٢٣ سم طولاً.

٤- يستعمل في الحصاد كترات نظيفة بشفرات حادة

٥- يلزم تنظيف شفرات الحصاد بورق كلينكس كلما اتسخت

٦- تغير الشفرات بأخرى جديدة كلما تطلب الأمر ذلك

٧- تغسل الكترات جيدًا في نهاية كل فترة حصاد.

٨- يحتفظ كل عامل بمقياس بطول ٢٣ سم للاسترشاد به في الحصاد (الطول المناسب) وآخر بطول ٢١ سم (الحد الأدنى للطول).

٩- تقطع المهاميز التي لا يقل طولها عن ٢١ سم حتى لو كانت أطول من ٢٣ سم، وحتى لو كانت متفتحة أو ملتوية أو بها عيوب ظاهرة، ويفيد تكرار الحصاد في نفس اليوم في تجنب زيادة طول المهاميز كثيرًا عن ٢٣ سم.

١٠- يكون قطع المهاميز عند سطح التربة بقطع أفقي (غير مائل)، بما يعني عدم قيام العامل بقطع المهاميز وهو واقف

١١- لا يحتفظ العامل بأكثر من أربعة مهاميز في يده أثناء الحصاد

١٢- معاملة المهاميز برفق؛ فلا يضغط عليها باليد، ولا تجرح بالأظافر.

١٣- توضع المهاميز برفق؛ في برانيك نظيفة سبق غسيلها في اليوم السابق

١٤- لا تبقى المهاميز معرضة للشمس لأكثر من ربع ساعة بعد حصادها

١٥- تعبأ المهاميز بعد ذلك فى صناديق معزولة حراريًا ومزودة بثقوب للصرف فى قاعها، مع ترك ٧ سم فى قمة الصندوق لملئه بالثلج المجروش بوضع الثلج على المهاميز مباشرة دونما فاصل بينهما، ثم يغلق الصندوق

١٦- تنقل الصناديق بعد ذلك إلى محطة التعبئة مباشرة ودونما أى إنتظار.

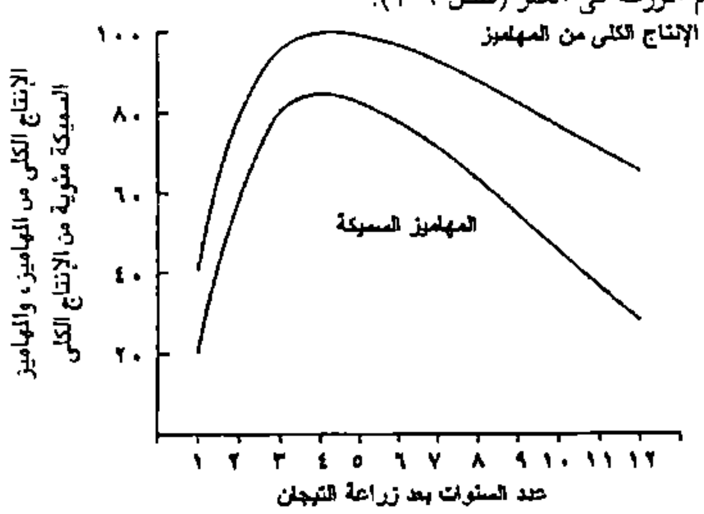
كمية المحصول وتأثرها بعمر المزرعة

عندما تكون زراعة الأسبرجس فى تربة بكر خالية من مسببات الأمراض، فإن تلك المزارع تُعَمِّر عادة لمدة تتراوح بين ١٥، و ٢٠ عامًا. وفى خلال تلك الفترة تكون قمة الإنتاج فى العام السادس أو السابع، ولكن الإنتاج يبقى عاليًا من العام السابع إلى الثانى عشر هذا ويتناقص إنتاج المزرعة بنسبة حوالى ٥٪ سنويًا بداية من العام العاشر وبعد العام الخامس عشر لا تصبح المزرعة مربحة بصورة اقتصادية، ويجب إنهاؤها عندما يظهر انخفاض واضح فى نسبة المهاميز الكبيرة الحجم المنتجة منها، ويحدث ذلك بسبب الإصابات المرضية والحشرية والأضرار التى تحدث بالتيجان. كذلك فإنه مع تقدم المزرعة فى العمر فإن الريزومات تقترب تدريجيًا من سطح التربة. حيث يقضى على كثير من براعمها القمية الكبيرة عند العزيق؛ مما يحفز نمو البراعم الجانبية الصغيرة

ويكون محصول المهاميز مع تقدم المزرعة فى العمر موزعًا – تقريبًا – على النحو التالى (عن Jones & Roza ١٩٢٨):

السنة	المحصول (طن/فدان)	السنة	المحصول (طن/فدان)
الأولى	صفر	السابعة	٢,٠٥٠
الثانية	٠,٢٢٥	الثامنة	٢,٢٧٥
الثالثة	٠,٤٥٠	التاسعة	٢,٢٧٥
الرابعة	٠,٩٠٠	العاشرة	٢,١٥٠
الخامسة	١,٨٠٠	الحادية عشر	٢,٠٥٠
السادسة	١,٩٥٠		

ولا يقتصر تأثير عمر المزرعة على المحصول الناتج منها فقط، بل يتعداه – كذلك – إلى التأثير في نسبة المهاميز السمكية التي يزداد تناقصها – كأعداد مطلقة وكنسبة مئوية – مع تقدم المزرعة في العمر (شكل ٦–١).



شكل (٦–١). العلاقة بين إنتاج المهاميز السميكة مقارنة بالإنتاج الكلي للمهاميز مع تقدم عمر مزرعة الأسبرجس (عن Rubatzky & Yamaguchi ١٩٩٩).

التداول

إن من أهم الشروط التي يجب أن تتوفر في مهاميز الأسبرجس الجيدة هي أن تكون طازجة، وبطول واحد، ومستقيمة، وخالية من الأعفان والأضرار. كما يجب ألا يقل قطرها عند القاعدة عن ١٢ مم، ولا يقل طولها عن ١٨–٢٢ سم، ولا يقل الجزء الأخضر منها عن ثلثي طولها.

وتعد مهاميز الأسبرجس من أسرع الخضر تعرضًا للتدهور والتلف بعد الحصاد، وهو ما يتطلب سرعة تسويقها وتداولها بحرص بالغ. وتكون نوعية الأسبرجس أفضل ما تكون عليه إذا استهلكت في خلال ساعات قليلة من حصادها، ولكن ذلك لا يتيسر إلا في الحدائق المنزلية

التبريد الأوّلى

إن من أهم التغيرات التى تحدث فى مهاميز الأسبرجس فى الحرارة العالية بعد الحصاد، ما يلى.

١- ازدياد الطول.

٢- التليف.

تبدأ نسبة الألياف فى الزيادة فى المهاميز من لحظة حصادها، وتتناسب تلك الزيادة طرديًا مع درجة الحرارة التى تتعرض لها المهاميز بعد الحصاد.

٣- فقدان الطعم الجيد.

٤- انخفاض محتواها من حامض الأسكوربيك.

٥- الإصابة بالأعفان.

ويعد الأسبرجس من أعلى الخضر فى سرعة التنفس بعد الحصاد؛ ذلك لأن المهماز عبارة عن قمة الساق البادئة فى التكوين، وهى التى تكون فى أوج نشاطها عند حصادها ولذا فإنها تتدهور سريعًا فى الحرارة العالية؛ الأمر الذى يستلزم سرعة تبريدها أوليًا إلى ٢-٣°م سريعًا بعد حصادها. لأجل التخلص من حرارة الحقل

وتتناسب سرعة تكوين الألياف بمهاميز الأسبرجس طرديًا مع درجة الحرارة؛ ولذا يتمين سرعة تبريدها أوليًا بعد الحصاد مباشرة وتظهر العلاقة ذاتها بين الصلاحية للتخزين والفقد الرطوبى، فكلما ازداد الفقد الرطوبى تقلصت فترة الصلاحية للتخزين على ٠,٥°م، حيث يؤدى فقد المهاميز لـ ٨٪ من وزنها قبل بدء تخزينها المبرد إلى عدم صلاحيتها للاستهلاك بعد ١٤ يومًا من التخزين، بينما تستمر صلاحية المهاميز — التى لا تفقد أى من وزنها قبل التخزين المبرد — لمدة ٢٨ يومًا من التخزين

ويناسب الأسبرجس التبريد الأولى بالماء المثلج أكثر من طريقة الدفع الجبرى للهواء (Thompson ٢٠٠٣).

ومن الأهمية بمكان تبريد الأسبرجس أوليًا إلى صفر-٢°م؛ الأمر الذى يحدث أثناء

غسيل الهاميز، وذلك قبل تعريضها للماء المثلج على درجة الصفر المئوى (Luo وآخرين ٢٠٠٤).

وعندما قورنت طرقًا مختلفة للتبريد الأوّلى . تباينت فترة نصف التبريد half cooling time (وهى الفترة التى تلزم لخفض حرارة المنتج إلى نصف الفرق بين حرارة المنتج عند بداية التبريد وحرارة وسط التبريد) بين ١,٥ دقيقة عندما أجرى التبريد المبدئى بطريقة الماء المثلج hydrocooling، و ١٥ ساعة عندما أجرى بطريقة الدفع الجبرى للهواء forced-air cooling، و ٥,٧٥ ساعة عندما كان التبريد فى الغرف الباردة room cooling وقد حدث التبريد بصورة أسرع فى أنسجة قمة المهاميز عما فى أنسجتها الوسطى أو القاعدية هذا بينما لم تؤثر طريقة التبريد المتبعة على الإصابة بعفن القمة أو صفات الجودة الظاهرية أو صلابة المهاميز، كما لم تتأثر تلك الخصائص بتأخير التبريد لمدة ١٢ ساعة فى حرارة الهواء العادية بعد حصادها ومع ذلك فقد أوصى بإجراء التبريد الأولى إما بالماء المثلج أو بطريقة الدفعة الجبرى للهواء فى خلال ٤-١٢ ساعة من الحصاد (Lallu وآخرون ٢٠٠٠)

هذا .. إلا أن أكفأ وأسرع وسيلة للتبريد الأولى هى باستعمال الماء المثلج.

ولأجل زيادة سرعة عملية التبريد الأولى وزيادة كفاءتها يفضل وضع المهاميز بعد حصادها مباشرة فى صوان بلاستيكية مثقبة ليمكن غمرها فى الماء البارد أو تعريضها لرذاذ الماء البارد

يجب أن يحتوى الماء المستخدم فى التبريد على الكلور بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون يفيد ذلك فى تقليل الإصابة بالعفن الطرى البكتيرى والحد من انتشار هذا المرض أثناء الشحن.

وقد أدت زيادة تركيز الكلور فى ماء الغسيل من ١٠٠ إلى ٤٠٠ جزء فى المليون إلى زيادة كفاءة مكافحة العفن الطرى البكتيرى بعد الحصاد، كما كان استعمال هيبوكلوريت الصوديوم أكثر كفاءة فى هذا الشأن عن هيبوكلوريت الكالسيوم (Ketsa & Piyasaengthong ١٩٩٤)

التدريج

نتناول موضوع تدريج الأسبرجس إلى أحجام بالشرح تحت موضوع التصدير.

ويمكن القول — إجمالاً — إن أفضل الرتب هي التي يزيد قطر المهاميز فيها عن ٢,٢ سم، بينما يتراوح قطر المهاميز في أقل الرتب من ٦–١٢ مم.

وعادة . تدرج مهاميز الأسبرجس حسب أقطارها، كما يلي:

التصنيف	القطر (مم)
صغيرة	٦ إلى أقل من ٩
قياسية	٩ إلى أقل من ١٣
كبيرة	١٣ إلى أقل من ١٩
كبيرة جدًا	١٩ إلى أقل من ٢٤
ضخمة (جمبو)	٢٤ فاكبر

الغسيل والربط في حزم

تعد مهاميز الأسبرجس للتسويق بغسيلها وربطها في حزم، بحيث تكون قمة المهاميز كلها في اتجاه واحد وفي مستوى واحد، ثم تقطع من قواعدها بحيث تصبح متساوية في الطول وتترك الحزم إلى حين تعبئتها — وهي في وضع رأسي في صوانٍ بها ماء بحيث تكون قواعد المهاميز مغمورة في الماء إلى عمق ٥–٧ سم.

وإذا تركت المهاميز في وضع أفقي بعد الحصاد فإن أطرافها تبدأ في الاتجاه إلى أعلى مما يجعلها أقل صلاحية للتسويق.

هذا . ويؤدي خدش المهاميز أثناء التداول وتعرضها لحرارة تزيد عن ٥°م إلى زيادة تعرضها للإصابة بكل من العفن الطري البكتيري، والعفن الرمادي، والفيوزاريم

التعبئة والعبوات

تعرض المهاميز للبيع في الأسواق — عادة — على شكل حزم تزن حوالي نصف

كيلوجرام، وتكون قواعدها فى مستوى واحد، وتوضع رأسية فى صوان غير عميقة يوجد بها إما ماء مثلج أو وسائد مبللة بالماء يعاد ترطيبها على فترات متقاربة لتجنب ذبولها كما أن رش المهاميز بالماء البارد يفيد – كذلك – فى المحافظة على جودتها

وتتوفر عبوات خاصة للأسبرجس ذات المهاميز الطويلة المستدقة من أعلى، تكون أوسع عند قاعدتها عما فى قمتها ونظرًا لأن المهاميز تستمر فى الاستطالة بعد الحصاد، لذا فإن العبوات تكون دائمًا أطول من المهاميز المعبأة فيها لكى تستوعب الزيادة فى الطول.

وقد تعبأ المهاميز فى أكياس بلاستيكية مثقبة دونما حاجة إلى ربطها فى حزم، ويفيد ذلك فى خفض سرعة فقدان الرطوبة، وإبطاء التليف، والمحافظة على محتوى المهاميز من حامض الأسكوربيك ويراعى أن تكون الأكياس التى تعبأ فيها المهاميز مثقبة؛ حتى لا يحدث فيها تنفس لا هوائى ينتج عنه طعم غير مقبول وروائح كريهة، بسبب سرعة استنفاذ الأكسجين وتراكم ثانى أكسيد الكربون بالتنفس ويتطلب الأمر حوالى ٦ ثقوب بقطر ٦ مم لكل منها لتوفير تهوية جيدة لنحو ٤٥٠ جم من المهاميز التى يبلغ طولها ١٧ ٥ سم وتجب مضاعفة عدد الثقوب بالنسبة للمهاميز الأقصر من ذلك، لأن معدل التنفس فيها يكون أعلى عما فى المهاميز الطويلة. هذا فضلاً عن أن الأغشية غير المثقبة يمكن أن تؤدى إلى تراكم الإثيلين الذى يُسرع – بدوره – من تليف المهاميز (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

وقد أمكن تخزين الأسبرجس الأخضر بحالة جيدة لمدة ٣٠ يومًا بتغليفه بأغشية البولنيثيلين، وحفظه على –٠.٥°م (Itoh وآخرون ١٩٩٤)

مجمل عمليات التداول

يمكن إجمال عمليات التداول فيما يلى:

١– بمجرد وصول الصناديق المعزولة حراريًا إلى المحطة فإنها تُنقل مبشرة إلى غرف

التخزين المبردة إلى الصفر المئوى، ويرفع عنها غطاءها، أى تترك مكشوفة فى غرف التبريد.

٢- يترك دائمًا فى نفس الغرفة المبردة جراكن ماء شرب نقية لتكون فى حرارة قريبة من الصفر لاستعمالها عند الحاجة.

٣- بعد الانتهاء من تجميع مهاميز اليوم الواحد فإنها تغسل من الأتربة باستعمال الماء المبرد، ويفضل أن يتم ذلك باستعمال "رشاش" الماء لأن النقع فى الماء فى تلك المرحلة يمكن أن يزيد من التلوث

٤- يلى ذلك غمر المهاميز فى الماء المثلج لفترة تكفى لوصول الحرارة داخل المهماز إلى ٢-٣°م على الأكثر

٥- تستبعد تمامًا جميع المهاميز التى تكون قمتها:

أ- بها التواء أو انحناء ظاهر يزيد عن ٣٠°.

ب- غير تامة الاندماج ولكن يسمح بأولى درجات عدم الاندماج فيما لا يزيد عن ٥٪ من المهاميز

جـ- بها تشوهات أو فراغات هوائية وتفلقات أو أعفان.

٦- تقطع وتستبعد قواعد المهاميز التى تكون بيضاء تمامًا أو وردية أو قرمزية دون أى اخضرار.

٧- تقطع وتستبعد الأجزاء غير القمية من المهاميز التى يكون بها انحناء يزيد عن ٣٠°.

٨- تستبعد جميع المهاميز التى تكون بها إصابات.

٩- تجهز المهاميز المتبقية إلى فئتين كما يلى:

أ- حزم مهاميز كاملة بطول ١٨ أو ١٩ أو ٢٠ أو ٢١ أو ٢٢ سم وبقطر ١٠-١٥ أو ١٥-٢٠ مم، مع مراعاة ما يلى:

(١) ألا يزيد الفرق فى الطول بين الحزم عن ١ سم فى الكرتونة الواحدة.

(٢) يقاس القطر فى منتصف المهماز وليس عند قاعدته

(٣) تكون مهاميز الكرتونة الواحدة من أحد مجموعتى الأقطار

ب– مهاميز جمبو بقطر يزيد عم ٢٠ مم وبطول من ١٨–٢٢ سم، مع مراعاة ألا يزيد الفرق فى الطول بين مهاميز الكرتونة الواحدة عن ١ سم. تعبأ هذه المهاميز سائبة

جـ – مهاميز رفيعة يقل قطرها عن ١٠ مم وبطول ١٨–٢٢ سم، مع مراعاة ألا يزيد الفرق فى الطول بين مهاميز الكرتونة الواحدة عن ١ سم تعبأ هذه المهاميز فى ربط كبيرة

د– مهاميز بيبى.

تنطبق على المهاميز البيبى كل شروط المهاميز الكاملة فيما عدا شرط الطول. فهى يمكن أن تكون بأى قطر من أقل من ١٠ مم إلى أكثر من ٢٠ مم، ولكن طولها يتراوح بين ٨ و ١٥ سم تعبأ هذه المهاميز سائبة أو فى ربط مع مراعاة ألا يزيد التباين فى الطول عن ١ سم والتباين فى القطر عن ٣ مم (عند المنتصف) فى الكرتونة الواحدة مع مراعاة أقصى مستوى من التجانس فى الربطة الواحدة

يُستخدم فى تجهيز المهاميز البيبى تلك التى لا تنطبق عليها شروط المهاميز الكاملة من حيث الطول والاستقامة، وكذلك تلك التى بدأت تتخشب عند قاعدتها بسبب زيادة طولها عما ينبغى، حيث يستفاد من قمتها، بالإضافة إلى تلك التى تكون أسفنجية أو بغير اللون المرغوب عند قاعدتها

١٠– يكون قطع قواعد المهاميز بشفرات حادة نظيفة وتنظف دوريًّا

١١– يكون القطع أفقيًا (غير مائل) ولا يسمح بأى زوائد أو انسلاخات

١٢– يكون تداول المهاميز برفق شديد

١٣– يكون الوزن التقريبى للكرتونة ٥ كجم

١٤– تترك الكراتين بعد ذلك فى الغرف المبردة لحين شحنها

١٥– يراعى ألا تزيد الفترة بين الحصاد وتوريد المنتج للمستورد عن ٧٢ ساعة فى حالة الشحن الجوى، مع تزويد الشحنة ببيانات تاريخ الحصاد والصنف

أما فى حالة الشحن البحرى، فإن حزم المهاميز – بإجمالى الوزن المطلوب – توضع فى عبوات من الأغشية المعدلة للجو MAP ويحكم غلقها قبل وضعها – رأسيًا – فى الكراتين

معاملات خاصة لإطالة فترة التخزين

١- المعاملة بالسيتوكينينات:

إن من أهم المشاكل التى يتعرض لها الأسبرجس أثناء التسويق سرعة تحلل الكلوروفيل، وهو ما يفقدها لونها الأخضر، وقد وجد أن غمس المهاميز فى محلول منظم النمو 6-benzyl amino purine (اختصارًا BA) — بتركيز ٢٥ جزءًا فى المليون لمدة ١٠ دقائق — يبطئ تحلل الكلوروفيل لمدة ١٠ أيام بعد المعاملة (عن Edmond وآخرين ١٩٧٥)

٢- المعاملة بالماء الساخن:

أدى غمس مهاميز الأسبرجس بعد الحصاد مباشرة فى ماء ساخن على حرارة ٤٧,٥°م لمدة ٢-٥ دقائق، ثم تبريدها مبدئيًا بأسرع ما يكون أدى ذلك إلى منع انحناء المهاميز بعد ٧ أيام من التخزين على ١٠°م وأدى رفع الحرارة عن ذلك أو إجراء الغمس لمدة أطول إلى إحداث تدهور غير مقبول فى المظهر العام للمهاميز (Paull & Chen ١٩٩٩).

٣- غمر قواعد المهاميز فى محلول السكروز:

يفيد غمر قواعد الأسبرجس فى محلول سكروز بنسبة ٢٪ فى زيادة وزن المهاميز خلال اليومين الأول والثانى بعد الحصاد، ولكن تلك الزيادة كانت أقل فى الـ CA عما كانت فى الهواء العادى، وعمومًا ازدادت فترة الصلاحية للتخزين عند غمر قواعد المهاميز فى محلول السكروز، لكن الزيادة لم تكن واضحة إلا عندما كان التخزين فى الهواء وليس فى CA (Renquist وآخرون ٢٠٠٥)

التخزين والشحن

التخزين المبرد العادى

إن أفضل حرارة لتداول وتخزين الأسبرجس هى: ٢°م مع رطوبة نسبية تزيد عن ٩٥٪، حيث يمكن أن تبقى المهاميز بحالة جيدة تحت هذه الظروف لمدة ١٤-٢١ يومًا

وتتعرض المهاميز للإصابة بأضرار البرودة إذا تعرضت لحرارة الصفر المئوى لمدة ١٠ أيام، أو لحرارة ١°م لمدة أسبوعين؛ حيث تظهر الأضرار على صورة رخاوة بالمهاميز، وتغير لون قمتها إلى الأخضر الرمادى، ويزداد ظهور تلك الأعراض بعد تعرض المهاميز للجو الدافئ. هذا . بينما تكون المهاميز سريعة التدهور فى حرارة تزيد عن ٤°م، حيث سريعًا ما تتفتح قمتها.

وبينما يفيد غمر قواعد المهاميز فى الماء فى بقائها ممتلئة turgid ومنتصبة إلا أن ذلك الإجراء يحفز إصابة قواعد المهاميز بالأعفان (Heyes وآخرون ١٩٩٨، و Anderson & Tong ١٩٩٣، و Thompson ٢٠٠٣)

كذلك فإن توفر الماء الحر عند قواعد المهاميز يؤدى إلى زيادتها فى الطول أثناء الشحن والتخزين، وتتوقف سرعة استطالتها على درجة الحرارة؛ ففى ١°م يبلغ معدل الاستطالة ٥ ٣ مم فى خلال ٨ أيام، بينما تصل الاستطالة إلى ٤ ٢٥ مم خلال نفس المدة على ١٣°م، وتزداد أكثر فى درجات الحرارة الأعلى عن ذلك

ولا يجب أبدًا تخزين الأسبرجس مع الثمار المنتجة للإثيلين مثل التفاح والكنتالوب وغيرهما، علمًا بأن الإثيلين يؤدى إلى استطالة المهاميز بصورة غير مرغوب فيها، وانحنائها، فضلاً عن تليفها وزيادة صلابتها

ومن الأهمية بمكان المحافظة على سلسلة التبريد بداية من التبريد الأوّلى حتى وصول المنتج إلى المستهلك

ويؤدى عدم المحافظة على سلسلة التبريد أثناء الشحن الجوى بسبب عدم توفر التبريد على الطائرات، وعدم توفر التبريد خلال فترة التحميل والتفريغ فى المطارات يؤدى ذلك إلى حدوث فقد كبير فى صفات الجودة وفى محاكاة لظروف الشحن الجوى دُرس تأثير استعمال أنواع مختلفة من أغطية البالتات. وتأثير إضافة الثلج المجروش العادى أو الثلج الجاف (ثانى أكسيد الكربون المجمد) على درجة الحرارة داخل البالتة. وذلك بتبريد بالتة الأسبرجس أولاً إلى صفر–٢°م، ثم إجراء المعاملة، ثم

رفع حرارة الغرفة إلى ٢٠°م، مع تسجيل الحرارة خلال فترة التجربة فى مختلف أجزاء البالتة وقد أظهرت الدراسة، ما يلى:

١- كانت تغطية البالتات بغلاف ألومنيومى aluminium foil مبطن بأى من غشاء الفقاقيع الهوائية (polybubble laminate)، أو طبقة من الفوم (foam plastic laminate)، أو التغطية بالورق بين غلافين ألومنيوميين . كانت جميع هذه المعاملات فعّالة فى المحافظة على البرودة داخل البالتات.

٢- أدى استعمال الثلج المجروش أو الثلج الجاف إلى زيادة المحافظة على البرودة وخفض الارتفاع فى درجة حرارة البالتات.

٣- أوصت الدراسة باستعمال أى من أنواع الأغطية مع أى من نوعى الثلج فى المحافظة على الحرارة المنخفضة داخل بالتات الأسبرجس عند شحنها بطريق الجو (Bycroft وآخرون ١٩٩٦).

التخزين فى الجو المعدل

درس تأثير الجو المعدل على الأسبرجس الأبيض بتعبئة المهاميز المغلفة بأغشية النيلون (strech film) كل ٥٠٠ جم معًا، ثم تخزينها على ٢,٥، أو ٥، أو ١٠، أو ١٥، أو ٢٠، أو ٢٥°م فى الظلام التام أو فى الضوء (١٥ ± ١,٩ واط/م٢) لمدة ٦ أيام، وكانت النتائج كما يلى

١- حدث توازن بالجو الداخلى للعبوات عند ٤,٥٪-٦,٩٪ ثانى أكسيد كربون، و ٣٪-٦,٧٪ أكسجين فى خلال الساعة الأولى من التغليف، وذلك فى جميع درجات الحرارة المختبرة.

٢- وبعد ٨ ساعات من التغليف بلغ تركيز ثانى أكسيد الكربون أقصى معدل له، وهو ٥,٧٪-٩,٨٪، بينما انخفض تركيز الأكسجين إلى حده الأدنى عند ٠,٧٪-١,٠٪.

٣- أدى التغليف إلى إحداث تثبيط فى كل من التريش (تفتح القمة)، والتليف، وتكون الأنثوسيانين، وتحلل حامض الأسكوربيك، وذلك لمدة ٦ أيام

٤– في حرارة ١٥°م ظهرت على المهاميز أعراض التدهور وتكونت به روائح غير مرغوب فيها

٥– لم تؤثر الإضاءة جوهريًا على صفات الجودة (Siomos وآخرون ٢٠٠٠).

كذلك قورن تأثير تعبئة الأسبرجس في الأغشية العادية مع تعبئته في أغشية البولى بروبلين المثقبة أثناء حفظه لمدة ١٠ أيام على حرارة ١٥°م ورطوبة نسبية ٧٥٪، ووجد أن تركيز ثاني أكسيد الكربون تراوح بعد ١٠ أيام من التخزين بين ١٥,٥٪، و ٢٣٪ وكان الفقد في الوزن أقل من ٢ ١٪ في الأغشية المثقبة مقارنة بنحو ١٥٪ عندما كان تخزين بدون تغليف في ظروف مماثلة وقد تأثر محتوى المهاميز من حامض الأسكوربيك سلبيًا بشدة في جميع مستويات الأكسجين التي تواجدت في داخل الأغشية المثقبة، والتي تراوحت بين ١٪، و ٦٪، ولكنه تبقى بنسبة ٤٥٪–٥٥٪ من محتواه الأصلي في المهامير التي حفظت في عبوات عادية من البولى بروبلين كذلك ارتبطت تركيزات الأكسجين في الأغشية المثقبة بتركيزات عالية من الجلوتاثيون في المهاميز المعبأة، وأوصت الدراسة بأن يكون تركيز الأكسجين بين ١٠٪، و ٦٪ لأجل المحافظة على تركيرات عالية من كل من حامض الأسكوربيك والجلوتاثيون بالمهاميز (Saito وآخرون ٢٠٠٠)

وبينما يمكن تخرين الأسبرجس لمدة ١٤–٢١ يومًا على ٢°م في الهواء العادي، فإنه يمكن زيادة فترة التخزين إلى شهر كامل بالتخزين في جو معدل على الصفر المئوى هذا في الوقت الذى يؤدى فيه التخزين على الصفر المئوى في الهواء إلى تعريض المهامير للإصابة بأضرار البرودة في خلال ١٠–١٢ يومًا ويجب أن تتراوح الرطوبة النسبية أثناء التخزين بين ٩٥٪، و ١٠٠٪ لمنع فقد المهاميز لرطوبتها ومنع فقدانها لبريقها

وعمومًا . فإن الأسبرجس يستفيد من زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون إلى ٥٪–١٠٪، حيث يقل التحلل وينخفض معدل تصلب المهاميز، وخاصة في حرارة تزيد عن ٥°م ومن أضرار التعرض لتركيزات عالية من ثاني أكسيد الكربون ظهور نقر صغيرة إلى مطاولة تحت القمة النامية مباشرة، وفي الحالات الشديدة يظهر تضليع بالمهاميز (Suslow ٢٠٠٧)

التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته

إن أفضل جو متحكم فى مكوناته controlled atmosphere لتخزين الأسبرجس هو الذى يحتوى على ٢٪-٣٪ أكسجين، و ٥٪-١٠٪ ثانى أكسيد كربون على حرارة ١-٢ ْم وإذا كان التخزين على الصفر المئوى فإن نسبة ثانى أكسيد الكربون المثلى تكون ١٢٪، ولكن إذا لم يكن التحكم فى حرارة التخزين مضمونًا، وكانت هناك احتمالات لارتفاع الحرارة عن ٧ ْم فإن نسبة ثانى أكسيد الكربون يجب ألاّ تزيد عن ٧٪.

ويذكر Saltveit (١٩٩٧) أن الأسبرجس يجب أن يشحن ويخزن على درجة الصفر المئوى مع تركيز ٢٪-٣٪ أكسجين، و ٢٪-٣٪ ثانى أكسيد كربون

من مزايا التخزين فى الهواء المتحكم فى مكوناته أن يبطئ من معدل تحلل الكلوروفيل، ويمنع الإصابة بالفطر *Phytophthora* وتكوين الألياف، كما يفيد فى الحفاظ على جودة الأسبرجس حتى ولو كان التخزين الباردة لفترة قصيرة (Salunkhe & Desai ١٩٨٤)

كذلك أدت زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون من صفر ٪ إلى ٣٠٪ (على ٣ أو ٦ ْم) إلى خفض الإصابة بالعفن الطرى البكتيرى، واستمر هذا التأثير حتى بعد نقل المهاميز إلى الهواء العادى لمدة يومين على ١٥ ْم. أما تركيز الأكسيجين (بين ١٪، و ٢١٪) فلم يكن مؤثرًا على الإصابة بالعفن الطرى البكتيرى.

وقد ازداد تكوين الأنثوسيانين جوهريًا فى المهاميز التى خزنت ف الهواء العادى أو فى هواء تراوحت فيه نسبة الأكسجين بين ١٪، و ١٥٪؛ مما أدى إلى ظهور لون قرمزى قاتم فى القمة، ولكن أمكن منع الزيادة التالية للحصاد فى محتوى المهاميز من الأنثوسيانين بتخزينها فى هواء يحتوى على ثانى أكسيد كربون بنسبة ٥٪ أو أعلى من ذلك فى الظلام، أو بنسبة ١٠٪ أو أعلى من ذلك فى الضوء (١٥ + ١,٩ واط/م^{٢}) كذلك كان لتعريض المهاميز لثانى أكسيد الكربون بنسبة ١٠٠٪ لمدة قصيرة قبل تخزينها فى الهواء على نفس درجة الحرارة كان له نفس فاعلية التخزين الدائم فى

الظروف التي أسلفنا بيانها، وذلك فيما يتعلق بتكوين الأنثوسيانين (Siomos وآخرون ٢٠٠١).

ويستفيد الأسبرجس من التخزين في الجو المتحكم في مكوناته حتى ولو كان ذلك على حرارة مرتفعة؛ فعندما خزن الأسبرجس صنف Limbras 10 في حزم تزن كل منها ٢٠٠ جم في الهواء (كنترول) أو في جو معدل يحتوى على أكسجين بنسبة ٥٪ أو ١٠٪، وثاني أكسيد كربون بنسبة ٥٪، أو ١٠٪، أو ١٥٪) على ٢٠°م لمدة ٤ أيام، كانت النتائج كما يلي

١– كانت القدرة على التخزين أطول في الجو المتحكم في مكوناته (٤.٥ أيام). مقارنة بالتخزين في الهواء العادى (٢.٦ يوم).

٢– كانت المهاميز المخزنة في الجو المتحكم في مكوناته أفضل طعمًا وكان ظهور الروائح غير المرغوب فيها أقل، مقارنة بالمهاميز التي خزنت في الهواء العدى

٣– كان مستوى الاستجابة متماثلاً في مختلف نسب الأكسجين وثاني أكسيد الكربون التي درس تأثيرها (Lill & Corrigan ١٩٩٦)

٤– كذلك أفاد الجو المتحكم في مكوناته (٢٪ أكسجين، و ١٠٪ ثاني أكسيد كربون) في منع الفقد السريع للسكروز (منع نشاط إنزيم acid invertase)، وفي منع تراكم الأسبارجين aspargine في قمة المهاميز مقارنة بالوضع عندما كان التخزين في الهواء على حرارة ٢٠°م

٥– أدى الجو المتحكم في مكوناته على حرارة الغرفة إلى تأخير حدوث التغيرات في مستويات الجلوتامين، وحامض الماليك، وحامض الفيوماريك في قمة المهاميز، وإلى إبطاء استطالة المهاميز التي كانت قواعدها مستندة إلى وسائد مبللة، مقارنة بالتخزين في الهواء العادى

٦– يمكن القول أن محافظة الجو المتحكم في مكوناته على مستوى السكروز المرتفع في قمة المهاميز ساهم في منع سلسلة التفاعلات الأيضية التي تسهم في تدهور المهامير المخزنة في الهواء (Hurst وآخرون ١٩٩٧)

وقد أدت زيادة تركيز الأكسجين في جو تخزين الأسبرجس إلى ١٠٠ كيلو باسكال إلى خفض إصابته بالأعفان، إلاّ أن تلك المعاملة صاحبتها زيادة في إنتاج مواد متطايرة تعد من نواتج التخمر، مثل الإيثانول، والأسيتالدهيد، وخلات الإثيل، مما أثر سلبًا على خصائص الأسبرجس الأكلية؛ بما يعني عدم إمكانية الاعتماد على تلك الطريقة في خفض الإصابة بالأعفان (Wszelaki & Mitcham ٢٠٠٠).

ومن أهم العيوب التي صاحبت تخزين الأسبرجس في الجو المتحكم في مكوناته، ما يلي:

١- ظهرت أضرار التنقير pitting injury على مهاميز الأسبرجس لدى تخزينها لمدة أسبوع على ٦ْم، وفي ٥٪ ثاني أكسيد كربون، وازدادت النقر اتساعًا وعمقًا وازداد انتشارها نحو قاعدة المهماز بزيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون إلى ١٠٪

٢- ظهرت أضرار السطح المتموج corrugated surface عندما كان التخزين في ٣٠٪ ثاني أكسيد كربون، وكان ظهورها عند قاعدة المهاميز في حرارة ٣ْم، وعند قمتها في حرارة ٦ْم، وازدادت شدة الإصابة في أي مستوى من ثاني أكسيد الكربون بارتفاع درجة الحرارة (Lougheed ١٩٨٧)

الظواهر والتغيرات الفسيولوجية والفيزيائية المصاحبة للتخزين

التنفس وإنتاج الإثيلين

ينفرد الأسبرجس بأعلى معدل تنفس عقب الحصاد مباشرة من بين أكثر من ٨٠ نوعًا من الخضر والفاكهة، لكن إنتاجه من الإثيلين يعد شديد الانخفاض (عن Papadopoulou ٢٠٠١)

ويتباين معدل تنفس مهاميز الأسبرجس حسب درجة الحرارة، كما يلي:

الحرارة (ْم)	معدل التنفس (ملليلتر ثاني أكسيد كربون/كجم/ساعة)
صفر	١٤-٤٠

الحرارة (°م)	معدل التنفس (ملليلتر ثانى أكسيد كربون/كجم/ساعة)
٥	٢٨–٦٨
١٠	٤٥–١٥٢
١٥	٨٠–١٦٨
٢٠	١٣٨–٢٥٠
٢٥	٢٥٠–٣٠٠

يقل إنتاج الأسبرجس من الإثيلين عن ٠,١ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٢٠°م إلا أن تعرض الأسبرجس للإثيلين من مصدر خارجى يؤدى إلى إسراع لجننة المهاميز وتصلبها (عن Suslow ٢٠٠٧).

وقد وجد ارتباط سالب بين النشاط التنفسى المتراكم لهاميز الأسبرجس بعد الحصاد (معبرًا عنه بإنتاج ثانى أكسيد الكربون) وبين فترة الصلاحية للتخزين المتبقية (r^2 = ٠,٩٥) كما وجد ارتباط سلبى قوى مماثل (r^2=٠,٩٢) بين عدد الوحدات الحرارية المتراكمة (معبرًا عنها بعدد الساعات التى تزيد فيها الحرارة عن الصفر المئوى) وبين فترة الصلاحية للتخزين المتبقية (Brash وآخرون ١٩٩٥)

ويتبين لدى مقارنة معدل التنفس وإنتاج الإثيلين فى كل من المهاميز الكاملة البيضاء والخضراء قبل وبعد الحصاد على حرارة ١٥°م، ما يلى:

١– كان معدل التنفس مرتفعًا (٥,٠–٨,٠ مللى مول ثانى أكسيد كربون/كجم/ساعة) فى المهاميز النامية، بينما كان معدل إنتاج الإثيلين شديد الانخفاض (٤٦–٨٥ نانو مول/كجم/ساعة)

٢– كان معدل التنفس أعلى بمقدار ١٥٨ مرة، ومعدل إنتاج الإثيلين أعلى بمقدار ١٨٤ مرة فى المهاميز الخضراء عما فى البيضاء

٣– ربما نتيجة للجروح التى أحدثتها عملية الحصاد ازداد معدل التنفس ومعدل

إنتاج الإثيلين بعد الحصاد مباشرة فى كل من المهاميز البيضاء والخضراء، إلاّ أن تأثير تلك الجروح كان أكثر وضوحًا فى المهاميز البيضاء عما فى الخضراء

٤- أعقب ذلك حدوث تناقص تدريجى فى معدل التنفس إلى أن وصل إلى حالة توازن بلغ فيه المعدل ٣,٤، و ٢,٣ مللى مول ثانى أكسيد كربون/كجم/ساعة فى كل من المهاميز الخضراء والبيضاء على التوالى.

٥- كذلك فإن معدل إنتاج الإثيلين — بعد تناقصه لمدة ٦ ساعات عقب الزيادة الأولية — عاد وتضاعف تقريبًا بعد مرور ٢٤ ساعة من الحصاد، ثم انخفض إلى مستوى حوالى ٢١ نانومول/كجم/ساعة فى كل من المهاميز الخضراء والبيضاء (Papadopoulou وآخرون ٢٠٠١).

التدهور العام فى صفات الجودة

يحدث عديد من التغيرات فى مهاميز الأسبرجس أثناء التداول والتخزين والتسويق، تؤدى إلى تدهور جودتها، ومن أهمها ما يلى

١- يتحلل الكلوروفيل — تدريجيًا — حتى مع التخزين على ٢ °م.

٢- تزداد المهاميز فى الطول إذا غمرت قواعدها فى الماء، وتحدث أكبر زيادة فى الطول خلال اليوم الأول من الغمر فى الماء. وتكون الزيادة أكبر كلما ارتفعت درجة الحرارة فيما بين الصفر المئوى، و ٣٥ °م.

٣- يحدث نقص فى محتوى المهاميز من السكريات المختزلة والسكريات الكلية، خاصة خلال اليوم الأول بعد الحصاد، ويتناسب معدل الفقد فى السكريات طرديًا، مع درجة الحرارة فيما بين الصفر المئوى، و ٣٥ °م.

٤- تحدث زيادة فى محتوى المهاميز من الألياف، ويزيد ترسيب اللجنين فى خلايا الحزم الوعائية، خاصة خلال اليوم الأول بعد الحصاد، وتتناسب الزيادة طرديًا مع درجة الحرارة فيا بين الصفر المئوى، و ٣٥ °م.

ومن أهم التغيرات فى التركيب الكيمائى التى تحدث فى مهاميز الأسبرجس بعد

الحصاد الزيادة فى محتوى الزيلوز xylose والجلوكوز من الألياف غير الذائبة، والنقص فى الجالاكتوز

وتزداد سرعة تدهور مهاميز الأسبرجس إذا كانت قمتها قد بدأت بالتفتح بالفعل وقت تعبئتها، حيث تكون أسرع تحللاً، وأسرع تليفاً

وتكون المهاميز ذات القواعد البيضاء أقل عرضة للتلف من المهاميز الخضراء على امتداد طولها

ولقد كان أفضل مجال حرارى لتخزين الأسبرجس هو صفر–٢°م (وذلك مقارنة بالمجالين ١٠–١٢°م، و ٢٠–٢٢°م)، وفيه احتفظت المهاميز بجودتها لمدة ٧ أيام، وبزيادة حرارة التخزين أو مدته حدثت زيادة فى كل من طول المهاميز، وصلابتها، ومحتواها من لألياف، بينما حدث نقص فى محتوى المهاميز من كل من حامض الأسكوربيك، والمواد الصلبة الذائبة الكلية، والحموضة المعايرة، والكلوروفيل، وكذلك فى نشاط إنزيم السيليوليز cellulase، مما أثر سلبيًّا على الصفات الأكلية للمهاميز (Zheng وآخرون ١٩٩٤)

وقد وجدت علاقة تربيعية quadratic قوية بين محتوى قمة المهامير من الأسبرجين aspargine وبين عدد الساعات الحرارية المتراكمة الأعلى من الصفر المئوى (R^2 = ٠.٨٧٨)، وهى التى ارتبطت بشدة بالفترة المتبقية من الصلاحية للتخزين، ولم تكن تلك العلاقة مرتبطة بالصنف، مما يجعل لها أهمية فى تحديد درجة نضارة المهاميز (Hurst وآخرون ١٩٩٨)

اللجننة والتصلب

مع ازدياد الفترة التى تنقضى على مهاميز الأسبرجس بعد الحصاد فإن عملية اللجننة تبدأ عند القاعدة وتتقدم إلى أعلى بصورة تدريجية، مما يقلل من طول الجزء الصالح للاستعمال إلى أن لا يتبقى منه سوى سنتيمترات معدودة بالقرب من القمة (عن Lipton ١٩٩٠)

ونجد فى الحرارة العالية أن المهامير تزداد طولاً، وينخفض محتواها من السكر، وتدخل مرحلة الشيخوخة. كذلك تصاب المهاميز بالشيخوخة إذا تعرضت للإثيلين ويتناسب تكوين اللجنين فى المهاميز طرديًا مع طولها وعمرها ودرجة الحرارة التى تتعرض لها بعد الحصاد. ويعد جزء المهماز الذى يتقصف بسهولة هو بداية المنطقة المتليفة (عن Rubatzky & Yamaguchi ١٩٩٩).

وقد ازداد محتوى مهاميز الهليون من الألياف وازدادت صلابتها فى كل من قمتها ومنتصفها لدى تخزينها فى حرارة ٢,٥. و ٥°م، على التوالى. بينما لم تزدد صلابة الجزء القاعدى من المهاميز بارتفاع درجة الحرارة (Siomos وآخرون ١٩٩٤)

وأدى وضع قواعد مهاميز وهى بطول ٢١ سم فى محلول مائى من الجلايفوسيت glyphosate بتركيز ١-١٠ أجزاء فى المليون أدى إلى التقليل جوهريًا من الزيادة فى صلابة المهاميز وفى محتواها من الألياف واللجنين بعد تخزينها على ٢,٥°م لمدة ١٠ أو ٢٠ يومًا، وازداد التأثير بزيادة التركيز المستخدم وفترة التخزين، ولكنه قل بالابتعاد عن الجزء المقطوع من المهماز (Saltveit ١٩٨٨).

وازدادت مقاومة المهاميز للقطع (بسبب تليفها) بزيادة الفترة بين الحصاد وتبريدها مبدئيًا، وبزيادة فترة التخزين، بينما أدى التبريد الأولى السريع بعد الحصاد إلى تأخير بدء الزيادة فى مقاومة المهاميز للقطع وأدى تأخير التبريد الأولى لمدة أربع ساعات إلى زيادة المقاومة للقطع بنسبة حوالى ٤٠٪. وأدى نقل المهاميز من المخزن المبرد إلى ١٥°م لمدة يوم واحد – فى محاكاة لظروف العرض للبيع فى الأسواق – إلى زيادة المقاومة للقطع فى المهاميز التى بردت أوليًا بسرعة عما فى تلك التى تأخر تبريدها وتباينت نسبة زيادة المقاومة للقطع أثناء التخزين بين صفر٪، و ٥٠٪ حسب حرارة التخزين ومدته ومدى التأخير فى إجراء التبريد الأولى كذلك ازدادت المقاومة للقطع فى المهاميز التى شذبت بقاعدة بيضاء عما فى تلك التى كانت كلها خضراء وبعد ٢٤ يومًا من التخزين كانت نوعية المهاميز التى حفظت على ٠.٥°م أو ٢,٥°م أفضل من تلك التى حفظت على ٥°م (Hernández & Rivera وآخرون ١٩٩٢)

فقد الكلورفيل

تتفاوت أصناف الأسبرجس في شدة فقدها للكلورفيل أثناء التخزين، فمثلاً كان الصنفان UC 157، و Syn 4-56 أكثر اخضرارًا وأقل تريشًا (أقل تفتحًا للقمة) عن الصنفين Mary Washington، و Viking KB3 بعد ٣ أسابيع من التخزين على ٢ ± ٠,٥°م، مع ٩٥٪ رطوبة نسبية (Perkins-Veazie وآخرون ١٩٩٣) هذا بينما يؤدى تعرض الأسبرجس الأبيض للضوء إلى اكتسابه لونًا ورديًا فاتحًا

عفن القمة

ازدادت حالات الإصابة بعفن قمة المهاميز بزيادة الأضرار الميكانيكية غير المنظورة — التى تعرضت لها تلك القمم؛ فأدى إسقاط المهميز من ارتفاع صفر، و ٥٠، و ١٠٠، و ١٥٠ مم — فى محاكاة لما يمكن أن يحدث لها أثناء التداول — إلى التسبب فى عفن قمة المهاميز بنسبة صفر، و ٣٤، و ٣٦، و ٦٤٪ – على التوالى — بعد ٥ أيام من حفظها على حرارة ٢٠°م مع رطوبة نسبية ٩٣٪–٩٥٪ وأدى غسيل المهاميز بعد تعرضها لمعاملات الإسقاط هذه إلى زيادة معدل الإصابة بعفن القمة هذا وتحدث أعفان القمة نتيجة لتلك الأضرار الفيزيائية. وكذلك الأضرار الفسيولوجية التى تحدثها الضغوط الفيزيائية، والتى تجعل قمة المهماز أكثر حساسية للإصابة بالكائنات الدقيقة التى تتواجد عليها، وكذلك تلك التى تنتقل إليها مع ماء الغسيل (Lallu وآخرون ٢٠٠٠)

ظهور العيوب الفسيولوجية

إن من أهم العيوب الفسيولوجية التى تظهر على الأسبرجس بعد الحصاد — والتى سبقت الإشارة إليها — ما يلى

١– الاستطالة والالتواء elongation and bending:

يستمر الأسبرجس فى النمو والاستطالة بعد الحصاد إن لم يبرد فى الحال إلى أقل من ٥°م كما أن ملامسة الأسبرجس عند قاعدته للماء يحفز — كذلك — نموه واستطالته ويحدث الالتواء عندما تنمو المهاميز وهى فى وضع أفقى كذلك قد يحدث الالتواء

والمهاميز فى وضع رأسى إذا ما وصلت قمتها إلى قمة العبوة وأعيق نموها الرأسى بسبب ذلك وقد وجد أن معاملة مهاميز الأسبرجس بعد الحصاد بالغمر فى الماء الساخن على حرارة ٤٥–٥٠°م لمدة ٢–٥ دقائق يمنع حدوث ظاهرة التواء القمة

٢- صلابة المهاميز spear toughening:

تحدث الصلابة نتيجة لجننة الأنسجة وتكوين الألياف بها، بدءًا من القاعدة باتجاه القمة يحدث ذلك فى حرارة تزيد عن ١٠°م، وبسرعة واضحة على ١٥°م، وتزداد السرعة فى وجود الإثيلين

٣- الترييش feathering:

يُعنى بالترييش تفتح قنابات قمة المهماز بسبب نمو البراعم التى توجد تحتها، ويعد ذلك من علامات الشيخوخة، ويحدث عند التعرض لحرارة عالية، أو عند التأخر فى حصاد المهاميز عما ينبغى

٤- أضرار التجمد freezing injury:

يحدث التجمد على حرارة تقل عن -٠,٥°م، ويؤدى إلى أن تصبح المهاميز مائية المظهر (عن Luo وآخرون ٢٠٠٤).

٥- أضرار البرودة

على الرغم من أن الأسبرجس يعد من محاصيل الجو البارد فإنه يتعرض للإصابة بأضرار البرودة chilling injury، وتظهر الأعراض على صورة طراوة وارتخاء لا علاقة له بأى فقد رطوبى، وتصبح قمة المهماز خضراء قاتمة إلى رمادية اللون وتؤدى تلك الأعراض – التى تظهر بعد تعرض المهاميز لحرارة الصفر المئوى لمدة تزيد عن ١٠ أيام – إلى تقصير فترة الصلاحية للتخزين. وقد تراوحت نسبة الإصابة بأضرار البرودة بين ٥٠٪ عند التخزين على ٣°م إلى ١٠٠٪ عند التخزين على الصفر المئوى (عن Lipton ١٩٩٠).

ولمزيد من التفاصيل المتعلقة بكافة التغيرات التى تحدث فى مهاميز الأسبرجس بعد

الحصاد (الفسيولوجية، والكيميائية، والفيزيائية، والمظهرية) يراجع مقال Lipton (١٩٩٠) الشامل في هذا الخصوص.

التصدير

تقسم السوق الأوروبية المشتركة مهاميز الأسبرجس إلى الفئات التالية

١– بيضاء

٢– قرمزية ذوى قمة يتراوح لونها بين الوردى، والقرمزى أو البنفسجي. بينما يظهر اللون الأبيض على جزء من المهماز.

٣– قرمزية/خضراء، يظهر فيها اللونين القرمزى والأخضر

٤– خضراء، تكون فيها القمة ومعظم الساق خضراء اللون.

ولا تنطبق شروط السوق الأوروبية على الفئتين الأولى والثانية إذا قل قطر مهاميزها عن ٨ ملليمترات، ولا على الفئتين الثالثة والرابعة إذا قل قطر مهاميزها عن ٦ ملليمترات، وكانت تعبئتها في حزم متجانسة

وتتطلب السوق الأوروبية أن تتوفر فى مهاميز الأسبرجس – التى تسوق فيها – الشروط التالية:

١– أن تكون كاملة، وخالية من الأعفان.

٢– أن تكون خالية من كافة الأضرار الميكانيكية، والخدوش.

٣– أن تكون نظيفة وخالية من أى مواد غريبة منظورة ملتصقة بها

٤– أن تكون طازجة وذو رائحة طازجة.

٥– أن تكون خالية من الحشرات ومن أضرار الحشرات والقوارض

٦– أن تكون خالية من الرطوبة الحرة وتم تجفيفها جيدًا بعد الغسيل أو التبريد المبدئى بالماء المثلج

٧– أن تكون خالية من أى روائح غريبة أو طعم غير مقبول

٨– أن يكون مكان القطع فى قاعدة المهماز نظيفًا

٩- ألا تكون المهاميز مجوفة، وأن تكون خالية من التفلقات والكسور

١٠- أن تكون المهاميز فى وضع يسمح لها بتحمل عمليات الشحن والتداول، حتى تصل إلى الأسواق وهى فى حالة مرضية.

وتقسم السوق الأوروبية الأسبرجس المسوق بها إلى ثلاث فئات، كما يلى:

١- درجة الإكسترا Extra class:

يجب أن تكون المهاميز ذو نوعية فائقة الجودة. وجيدة التكوين، وتامة الاستقامة تقريبًا. وأن تكون قمتها تامة الاندماج

ولا يسمح فى هذه الدرجة سوى بأقل القليل من الإصابة بالصدأ، وهى الإصابات التى يمكن إزالتها بسهولة بالمسح باليد بواسطة المستهلك

كما لا يسمح فى الأسبرجس الأبيض من هذه الدرجة بأى قدر من التلون بغير الأبيض باستثناء اللون الوردى الباهت جدًا على الساق وليس فى قمة المهماز

أما الأسبرجس الأخضر فيجب أن يكون تام الاخضرار.

ولا يسمح فى هذه الدرجة بأى قدر من التخشب (التليف)

ويجب أن يكون مكان القطع فى قاعدة المهماز تام الاستواء

٢- الدرجة الأولى Class I

يجب أن تكون المهاميز فى هذه الدرجة ذو نوعية جيدة وأن تكون جيدة التكوين، ولكن يسمح فيها ببعض الانحناء ويجب أن تكون القمة تامة الاندماج.

ويسمح فى هذه الدرجة بإصابات الصدأ البسيطة التى يمكن أن يقوم المستهلك بإزالتها بسهولة بالمسح باليد.

كما يسمح فى الأسبرجس الأبيض بظهور لون وردى باهت فى قمة المهماز وساقه.

أما فى الأسبرجس الأخضر فيجب أن يغطى اللون الأخضر مالا يقل عن ٨٠٪ من طول المهماز

ولا يسمح بالتخشب فى الأسبرجس الأبيض، بينما يسمح بقدر يسير منه فى الفئات الأخرى

ويجب أن يكون مكان القطع فى قاعدة المهماز مستويًا قدر الإمكان

٣– الدرجة الثانية Class II:

لا ترقى المهاميز فى هذه الدرجة إلى مستوى الدرجة الأولى، ولكن تتوفر فيها الشروط العامة التى سبق بيانها

ويمكن أن تكون مهاميز هذه الدرجة أقل تكونًا، كما يمكن أن تكون قمتها متفتحة قليلاً

ويمكن أن تحتوى المهاميز على قدر يسير من إصابات الصدأ التى يمكن إزالتها بالتقشير

كما يمكن أن يظهر بعض التلون المخالف فى قمة المهاميز البيضاء والقرمزية، ولكن يجب ألا يقل التلون الأخضر فى الأسبرجس الأخضر عن ٨٠٪ من طول المهماز

ويمكن أن تكون المهاميز متخشبة قليلاً

كما يمكن أن يكون مكان القطع فى قاعدة المهماز مائلاً قليلاً

ويدرج الأسبرجس حسب طول وقطر المهاميز، كما يلى:

أولاً الطول

١– طويلة > ١٧ سم

٢– قصيرة ١٢–١٧ سم

٣– الأطراف (asparagus tips) < ١٢ سم

ويمكن أن تحتوى الدرجة الثانية على مهاميز بطول ١٢–١٧ سم منظمة – ولكن ليست فى حزم – ومعبأة

ثانيًا — القطر:

يقدر قطر المهماز عند منتصف طوله، ويكون الحد الأدنى والتدريج، كما يلى:

الدرجة	فئة اللون	الحد الأدنى للقطر (مم)	التدريج المسمى	التدريج الوصف
الإكسترا	الأبيض والقرمزى	١٢	١٢–١٦ مم	لا يقل القطر عن ١٦ سم، ولا يزيد التباين عن ٨ مم فى الحزمة الواحدة أو فى العبوة الواحدة
	القرمزى/الأخضر والأخضر	١٠	١٠–١٦ مم	
الدرجة الأولى	الأبيض والقرمزى	١٠	١٠–١٦ مم	لا يقل القطر عن ١٦ مم، ولا يزيد التباين عن ١٠ مم فى الحزمة الواحدة أو فى العبوة الواحدة
	القرمزى/الأخضر والأخضر	٦	٦–١٢ مم	لا يقل القطر عن ١٢ مم، ولا يزيد التباين عن ٨ مم فى الحزمة الواحدة أو فى العبوة الواحدة
الدرجة الثانية	الأبيض والقرمزى	٨		لا توجد شروط للتدريج
	القرمزى/الأخضر والأخضر	٦		لا توجد شروط للتدريج

ويسمح بالتجاوزات التالية فى مختلف الدرجات:

أولاً. النوعية:

١– درجة الإكسترا:

يسمح بنسبة ٥٪ بالعدد أو بالوزن من المهاميز التى لا تفى بمتطلبات الدرجة، ولكن

تنطبق عليها مواصفات الدرجة الأولى، أو تظهر عليها تشققات سطحية من تلك التى تتكون بعد الحصاد، لكن يشترط ألاّ تكون تلك التشققات قد تركت أى آثار (Scars)

٢– الدرجة الثانية

يسمح بنسبة ١٠٪ بالعدد أو بالوزن من المهاميز التى لا تفى بمتطلبات هذه الدرجة أو بالحدود الدنيا العامة، ولكن لا يسمح فى تلك النسبة بأى إصابات بالأعفان أو بأى تدهورات تجعل المهاميز غير صالحة للاستهلاك

كذلك يسمح بنسبة ١٠٪ أخرى بالعدد أو بالوزن من المهاميز المجوفة أو المصابة بالشقوق. ولكن لا تجب زيادة النسبة الإجمالية للمهاميز المجوفة عن ١٥٪

ثانيًا الحجم:

يسمح بنسبة ١٠٪ بالعدد أو بالوزن من المهاميز التى لا تنطبق عليها شروط الطول أو القطر، على ألاّ يزيد الانحراف عن الطول المحدد لأكثر من سنتيمتر واحد وعن القطر المحدد لأكثر من ملليمترين

ثالثًا اللون:

١– الأسبرجس الأبيض:

يمكن التجاوز فى اللون بنسبة ١٠٪ بالوزن أو بالعدد فى درجتى الإكسترا والأولى، وبنسبة ١٥٪ فى الدرجة الثانية.

٢– الأسبرجس القرمزى والأخضر، والقرمزى/الأخضر:

يمكن التجاوز فى اللون بنسبة ١٠٪ بالوزن أو بالعدد.

ويجب أن يكون الجزء الظاهر من كل عبوة ممثلاً لمحتواها الكلى

الفصل السابع

الخرشوف

مرحلة اكتمال النمو للحصاد، والحصاد

يتوقف حجم النورة المناسب للحصاد على الصنف، إلا أن النورات الأولى التى ينتجها النبات تكون قليلة العدد، وكبيرة الحجم، وذا نوعية جيدة، ثم تزيد بعد ذلك أعداد النورات المنتجة، ويقل حجمها، وتتدهور نوعيتها وتتميز النورات التى فى طور النضج المناسب للحصاد بأن قناباتها تكون ملتفة نحو الداخل، وبأن أزهارها تكون صغيرة، وبيضاء اللون، وعلى شكل وبر ناعم وإذا تركت النورات دون حصاد فإن حامل النورة يتصلب، وتزداد نسبة الألياف به، كما تتصلب القنابات وتتفتح نحو الخارج، وبذا تفقد النورة اندماجها، وتصبح متليفة وغير صالحة للاستعمال

هذا وإن كان حجم النورات — الذى يقل تدريجيًا مع تقدم موسم الحصاد — فإنها لا تزداد فى الحجم بعد بلوغها مرحلة النمو المناسبة للحصاد

ويتراوح عمر النورة الصالحة للقطف ما بين ٣٥، و ٥٠ يومًا من بدء تكشفها كنورة. ويتوقف ذلك على درجة الحرارة، حيث تطول الفترة فى الجو البارد

وعمومًا فإن الخرشوف يبدأ فى إنتاج النورات بعد حوالى أربعة أشهر من الزراعة، ويستمر لمدة خمسة أشهر ويبدأ الحصاد فى الزراعات المبكرة فى شهر نوفمبر بأعداد قليلة جدًا، تزيد — تدريجيًا — إلى أن يبلغ الإنتاج أقصاه فى شهر أبريل

يفضل حصاد نورات الخرشوف فى الصباح الباكر. ولكن بعد زوال الندى، وتوضع النورات التى يتم حصادها إما فى كيس يعلق على ظهر العامل، وما فى صندوق بلاستيكى كبير، وفى نهاية كل خط تُفَرَّغ تلك العبوات فى عبوات أكبر، لتنقل بعد ذلك إلى مكان التجميع الرئيسى

ويراعى عند الحصاد، ما يلى:

١- عدم وضع النورات المقطوفة على الأرض، وإنما توضع مباشرة فى عبوات الجمع المخصصة لذلك، ومع مراعاة عدم تعبئتها فى عبوات الأسمدة الكيميائية

٢- عدم إلقاء النورات فى العبوات، وإنما توضع فيها برفق

٣- عدم تكويم النورات فوق بعضها بعد الجمع – سواء أكان ذلك فى الحقل، أم أثناء النقل إلى محطة التعبئة، أم فى محطة التعبئة ذاتها – وذلك تجنبًا لحدوث الكدمات والجروح فيها

٤- سرعة نقل النورات بعد حصادها إلى محطة التعبئة، مع حمايتها من الشمس قبل النقل وأثناه

٥- إزالة جميع الأوراق التى قد توجد على الحامل النورى

تحصد النورات بقطعها بسكين مع جزء من حامل النورة، يبلغ طوله حوالى ١٠–٢٠ سم. يكون الجمع فى بداية الحصاد كل أسبوع أو أسبوعين، ثم تقل الفترة بين الجمعات – تدريجيًا – إلى أن يصبح الجمع مرتين إلى ثلاث مرات أسبوعيًا فى نهاية موسم الحصاد خلال شهرى مارس، وأبريل. وينتج النبات الواحد من ١٠–١٨ نورة، بمعدل حوالى ٥٠–٦٠ ألف نورة للفدان.

يجب التخلص من السيقان (حوامل النورات) المسنة بمجرد الانتهاء من حصاد جميع النورات التى تحمل عليها، لأجل السماح بنمو سيقان جديدة

التداول

إن من أهم عمليات التداول بعد الحصاد، ما يلى:

الفرز والتدريج

يتم أولاً استبعاد النورات غير الصالحة للتصدير، وهى التى تكون أصغر – أو أكبر حجمًا عما ينبغى، والمخالفة للصنف، وغير المندمجة، والتى يظهر عليها أى نوع من الأضرار الميكانيكية، أو الفسيولوجية، أو الحشرية، أو المرضية

ويدرج الخرشوف – عادة – بعد الحصاد مباشرة حسب حجم النورة، ثم على أساس النوعية داخل كل فئة من فئات الحجم.

وعمومًا .. فإن الأحجام التى يتم التدريج والتعبئة على أساسها، تكون كما يلى:

فئة الحجم (العدد فى الكرتونة)	قطر النورة (سم)
١٨	< ١١,٣
٢٤	١٠–١١,٣
٣٦	٨,٨–١٠
٤٨	٧,٥–٨,٨
٦٠	٦,٩–٧,٥
صغير (<٦٠)	٢,٥–٦,٩

ويزداد الطلب على فئات: ١٨، و٢٤، و ٣٦، وخاصة ١٨، و ٢٤

التعبئة والعبوات

يعبأ الخرشوف – عادة – سائبًا فى كراتين بالعدد، بحيث يتراوح الوزن الصافى لكل كرتونة بين ١٠، و ١٢,٥ كجم.

ويراعى أن تكون عبوات الخرشوف سليمة، وجافة، ونظيفة، ومتينة، وقوية الأركان، وخالية من الروائح وتكون العبوات الكرتونية – عادة – ٢٨ سم عرضًا × ٥٠ سم طولاً × ١٨ أو ٢٥ سم عمقًا، حسب عدد طبقات النورات التى تعبأ بالعبوة

ويمكن خفض الفقد الرطوبى بتشميع العبوات الكرتونية، أو تبطينها بغشاء من البوليثلين المثقب (يحتوى على حوالى ٥٤٠ ثقب – بقطر ٦ مم – لكل متر مربع). وتعد هذه الثقوب ضرورية للسماح بصرف الماء الناتج عن ذوبان الثلج المجروش ولتبادل الغازات

ويراعى عند التعبئة ما يلى:

١– أن تجرى فى مكان نظيف ومظلل، مع مراعاة عدم ترك نورات الخرشوف على الأرض أو فى كومات مرتفعة

٢– أن تكون أحجام النورات متماثلة طبقًا للحجم المدون على العبوة

٣– أن تتم التعبئة برفق وعناية، مع مراعاة عدم الضغط على النورت، لا أثناء التعبئة، ولا عند إغلاق العبوة.

٤– أن يتم تبادل رؤوس وأعناق النورات فى ٢–٣ طبقات

٥– أن تكون العبوة ممتلئة بالقدر المناسب دونما زيادة أو نقصان؛ ذلك لأن المغالاة فى تعبئته يؤدى إلى انبعاجها. بينما يؤدى نقص تعبئتها إلى كثرة تحرك النورات فيها عند تعرض العبوات للاهتزازات أثناء النقل، وفى كلتا الحالتين تزداد احتمالات إصابة النورات بالكدمات والجروح.

التبريد الأولى

يعتبر التبريد الأولى Precooling – حتى ٢–٤°م – من أهم عمليات التداول قبل التسويق أو التخزين؛ وتجرى بعد الحصاد بفترة وجيزة، بغرض التخلص من حرارة الحقل وهى تتم إما بطريقة الدفع الجبرى للهواء، وإما باستخدام رذاذ الماء البارد (طريقة الـ hydrocooling)، وإما بالتفريغ vacuum precooling. وقد تجرى بإضافة الثلج المجروش إلى العبوات وتتوقف سرعة التبريد على حجم النورات، حيث تبرد النورات الصغيرة بسرعة أكبر من النورات الكبيرة

وقد أدى تبريد نورات الخرشوف مبدئيًا بالماء البارد المضاف إليه حامض الأسكوربيك بتركيز ٥٠٠ جزء فى المليون ثم التعبئة فى أغشية بلاستيكية (MY20) إلى المحافظة على جودة القنابات ونضارتها لمدة أسبوعين على ٣°م، ثم لمدة أسبوع إضافى على ١٠ °م، دون أن تحدث تغيرات لونية بالقنابات أو التخت النورى (Mencarelli وآخرون ١٩٩٣)

التخزين

يمكن تخزين الخرشوف لمدة ٢–٣ أسابيع بحالة جيدة فى درجة الصفر المئوى، مع رطوبة نسبية تتراوح من ٩٥٪–١٠٠٪ ويجب ألا تزيد درجة حرارة التخزين

عن ٥ْم، تجنبًا لإصابة النورات بعفن بوتريتس؛ إذا إن الإصابة بالفطر *Botrytis cinerea* تزداد بارتفاع درجة حرارة التخزين، كما يمكن خفض الإصابة بعفن بوتريتس أثناء التخزين بتداول النورات بحرص؛ حتى لا تكثر بها الجروح (Salunkhe & Desai ١٩٨٤)

أدت تعبئة نورات الخرشوف في أكياس بلاستيكية أثناء تخزينها إلى زيادة فترة احتفاظها بجودتها إلى ١٤ يومًا على ١٠ْم وإلى ٢٨ يومًا على ٢ْم، مقارنة بفترة صلاحية للتخزين مدتها ٧ أيام فقط في الهواء (بدون تعبئة في الأكياس) على أي من درجتي الحرارة هذا .. ولم يؤثر طول عنق النورة (مقطوع تمامًا أو بطول ١٥ أو ٣٠ سم) على التغيرات اللونية التي تصاحب التدهور في النوعية ولكن وجوده قلل من الفقد في الوزن (Passam وآخرون ١٩٩٩)

وقد جرت محاولات لتخزين الخرشوف لفترات أطول في جو متحكم في مكوناته، تنخفض فيه نسبة الأكسجين إلى ٣٪، وتزيد به نسبة ثاني أكسيد الكربون إلى ٣٪ أيضًا، مع الاحتفاظ بدرجة الحرارة عند ١-٢ْم وقد اختلفت نتائج الدراسات بخصوص التركيز الأمثل للغازين في الهواء، وتراوحت من ٣٪-١٥٪ أكسجينًا، ومن ٢٪-٧٪ ثاني أكسيد الكربون ويجب ألا تقل نسبة الأكسجين عن ٢٪، وإلا تسبب ذلك في تحلل النورات، وتغير لونها من الداخل إلى اللون الأسود

وعمومًا فإن الظروف المثلى لتخزين الخرشوف هي ٣٪ أكسجين، و ٣٪ ثاني أكسيد كربون، وحرارة ١-٢ْم، حيث تحتفظ النورات بجودتها لمدة شهر كامل ويحدث ذلك التأثير الإيجابي - أساسًا - بسبب تقليل تلك الظروف لظاهرة تلون القنابات باللون البني (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤)

فسيولوجيا بعد الحصاد

معدل التنفس

نظرًا لأن نورات الخرشوف تحصد قبل اكتمال نضجها (أي وهي مازالت في حالة

من النمو النشط)، فإن معدل تنفسها يكون عاليًا، لذا يتعين خفض درجة حرارتها إلى الصفر المئوى خلال فترة وجيزة بعد الحصاد، علمًا بأنها تظل تتنفس بمعدل عالٍ نسبيًا (٢٣–٤٥ مجم CO_2/كجم فى الساعة) حتى على الصفر المئوى

ويتباين معدل تنفس الخرشوف حسب درجة الحرارة، كما يلى

الحرارة (°م)	معدل التنفس (ملليلتر ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة)
صفر	٨–٢٢
٥	١٣–٣٠
١٠	٢٢–٤٩
١٥	٣٨–٧٢
٢٠	٦٧–١٢٦

إنتاج الإثيلين والحساسية له

إن معدل إنتاج نورات الخرشوف للإثيلين منخفض جدًّا ويقل عن ٠,١ ميكروليتر لكل كيلوجرام فى الساعة على ٢٠°م

ويعتبر الخرشوف قليل الحساسية للإثيلين الذى قد تتعرض له النورات من مصادر خارجية

التلون البنى

فى محاولة لتفسير ميكانيزم التلون البنى فى نورات الخرشوف – التى لم تتعرض للكدمات أو للخدوش الميكانيكية – والمخزنة فى الحرارة المنخفضة اقترح أن الحرارة المنخفضة تؤدى إلى زيادة الفينولات، وبخاصة حامض الكلوروجنك Chlorogenic acid كنتيجة لزيادة نشاط إنزيم Phenylalanine ammonina-lyase، وأن حامض الكلوروجنك (الذى يتم تمثيله فى البلاستيدات الخضراء) يؤدى إلى إطلاق أيون Fe^{2+} من الفرّيتين ferretin (المخزن فى البلاستيدات الخضراء) وفى الظروف المساعدة على الأكسدة

يؤدى ذلك إلى إنتاج معقد حامض الكلوروجنك مع أيون Fe^{3+} الرمادى اللون، والذى يتغير بعد ذلك إلى اللون البنى (Lattanzio وآخرون ١٩٩٤).

أضرار التجمد

يظهر التجمد البسيط على صورة بثرات بالقنابات مع تلونها باللون البرونزى، أما التجمد الشديد فإنه يؤدى إلى اكتساب القنابات مظهرًا مائيًا، مع تلون قلب النورة باللون البنى القاتم واكتسابه مظهرًا جيلاتينيًا.

يبدأ تجمد نورات الخرشوف على حرارة -١,٢°م (عن Suslow & Cantwell ٢٠٠٧)

التصدير

يجب أن تتوفر فى نورات الخرشوف المعدة للتصدير إلى السوق الأوروبية المشتركة، ما يلى:

١- أن تكون سليمة، وطازجة المظهر، ولا يبدو عليها أى مظهر للذبول
٢- أن تكون خالية من أى تدهور يؤثر على جودتها أو صلاحيتها للتخزين
٣- أن تكون نظيفة وخالية من أى مواد غريبة وآثار المركبات الكيميائية
٤- أن تكون خالية من الروائح الغريبة والطعم غير المقبول

وتدرج نورات الخرشوف - تبعًا لصفات الجودة - إلى ثلاث رتب كما يلى:

١- رتبة الإكسترا Extra.

تتميز نورات رتبة الإكسترا بأعلى درجات الجودة، ويجب أن تكون نوراتها مقفلة جيدًا وذات لون مطابق للون الصنف، وأن تكون خالية تمامًا من أى عيوب، بما فى ذلك أى تخشب فى قواعدها

٢- رتبة الدرجة الأولى Class I.

تتميز نورات الدرجة الأولى بالنوعية الجيدة، ويجب أن يكون شكلها مماثلاً لشكل

الصنف، والنورات مقفلة جيدًا، وألا يكون بقواعدها أى تخشب كذلك يجب أن تكون نوراتها خالية من أى عيوب باستثناء الشقوق البسيطة التى يسببها الصقيع، والكدمات والخدوش السطحية جدًا

٣- رتبة الدرجة الثانية Class II

يجب أن تكون نورات الدرجة الثانية صالحة للتسويق، ولكنها يمكن أن تكون متفتحة قليلاً، كما يمكن أن تظهر بها العيوب التالية التشوهات البسيطة. وأضرار الصقيع، والكدمات والخدوش البسيطة، والتلون البسيط غير الطبيعى بالقنابات الخارجية، وبداية التخشب فى الجزء القاعدى

وتدرج نورات الخرشوف حسب أقطارها عند أسمك جزء منها، وذلك حسب الفئات الحجمية التى أسلفنا بيانها.

الفصل الثامن

الكرنبيات

نتناول بالشرح فى هذا الفصل جميع الخضر التى تتبع العائلة الكرنبية Brassicaceac (الصليبية Cruceferae) فيما عدا الجذرية منها — وهى اللفت والفجل والروتاباجا — والتى أسلفنا بيانها فى الفصل الثالث.

الكرنب

اكتمال التكوين للحصاد، والحصاد

يحصد الكرنب بمجرد وصوله إلى الحجم الذى يصلح معه للتسويق، عندما تكون الأسعار مرتفعة فى بداية الموسم وتكون الرؤوس فى هذه الحالة صغيرة، ولم تصل بعد إلى أقصى نمو لها أما بعد ذلك فإن الحصاد يؤخر لحين اكتمال تكوين الرؤوس ويكمل الكرنب نموه عادة بعد ٢,٥-٠٣ شهور من الشتل فى الأصناف الأجنبية. وبعد ٤ أشهر من الشتل فى الصنف البلدى ويمتد موسم الحصاد لمدة شهر إلى شهرين

وأهم علامات اكتمال النمو، هى وصول الرؤوس إلى أكبر حجم لها وصلابتها، كما تبدو الأوراق المغلفة للرأس مشدودة، ولامعة ويمكن الاعتماد على هذه الصفة بدلاً من الضغط على الرؤوس باليد للتعرف على صلابتها؛ لأن ذلك يؤدى إلى تلفها ويؤدى تأخير الحصاد بعد اكتمال تكوين الرؤوس إلى تفلقها

ترجع صلابة رؤوس الكرنب إلى تزاحم وتكدس الأوراق الجديدة — غير المتمددة — داخل الرأس، وتلك صفة وراثية تختلف باختلاف الأصناف، ولكنها تتأثر بالعوامل البيئية، فتقل صلابة الرؤوس بارتفاع الحرارة أثناء تكوينها، وبتبكير الحصاد أو تأخيره عما ينبغى

كذلك يتأثر حجم رأس الكرنب بالصنف، فهى تكون صغيرة فى الأصناف المبكرة.

وكبيرة فى المتأخرة، ولكن الحجم يتأثر – كذلك – بالعوامل البيئية ، فيقل الحجم عند زيادة كثافة الزراعة، وضعف التسميد، علمًا بأنه تزداد أهمية التسميد بالفوسفور والبوتاسيوم أثناء نمو الأوراق الخارجية، وبالنيتروجين عند بدء تكوين الرؤوس كذلك فإن أى عامل يحد من النمو يؤدى إلى صغر حجم الرؤوس المتكونة، ومن بين تلك العوامل اندماج التربة، والجفاف، وغدق التربة

يتراوح وزن رأس الكرنب الصالح للتصدير بين ١,٥، و ٢,٥ كجم حسب الصنف، ويجب حصاد الكرنب بمجرد أن تصبح الرؤوس صلبة ومكتملة التكوين. ويؤدى تأخير الحصاد ولو لأيام قليلة بعد اكتمال تكوين الرؤوس إلى تفلقها – بسبب الضغط الذى يتولد عن نمو الأوراق الداخلية المتكونة – وزيادة الإصابة بالأمراض، وخاصة بتبقع أوراق ألترناريا والبياض الزغبى، الأمر الذى تزداد حدته عند تواجد الأمطار أو الرى بالرش كذلك يمكن أن تنتشر الإصابات أثناء الحصاد وتداول المحصول وفى المقابل فإن حصاد الرؤوس غير المكتملة التكوين يقلل المحصول، وتكون الرؤوس قليلة الصلابة وأكثر عرضة للإصابة بالأضرار أثناء التداول، كما أن قدرتها على التخزين تكون أقل من قدرة الرؤوس المكتملة التكوين

وبينما يمكن حصاد حقول الكرنب المعدة للتصنيع آليًا، فإن كل حقول الكرنب المعدة للاستهلاك الطازج تحصد يدويًا

وتحصد الرؤوس يدويًا بإمالتها نحو أحد الجوانب، ثم تقطع ساقها بالسكين، مع سنّ نصل السكين على فترات متقاربة لتقليل الجهد المبذول فى عملية الحصاد ولا يجب إجراء الحصاد بقصف ساقها يدويًا أو بلفها، لأن ذلك يضر بالرؤوس ويجعل الساق غير متجانسة الطول أو القطع

يجب أن يكون قطع الساق أفقيًا وقريبًا من الرأس قدر الإمكان ولكن مع جعلها طويلة بقدر يكفى لحمل ٢–٤ ورقات مغلفة تعمل تلك الأوراق كوسائد تحمل الرؤوس وتحميها أثناء التداول، حيث تكون هى التى تتعرض للصدمات والاحتكاكات بدلاً من

الرأس. كما أنها تحسّن من مظهر الرأس، وتزيد من قدرتها على التخزين، وقد تتطلبه بعض الأسواق، إلا أن المصفر منها والمضار والمصاب بالأمراض يجب أن يتم التخلص منه قبل عرضها للبيع بالأسواق. وتعرف نضارة الرؤوس بحك رأسين معًا حيث تحدث الرؤوس النضرة صوتًا كالصرير

وغني عن البيان أن الرؤوس التي توجد بها عيوب واضحة وتلك التي توجد بها إصابات حشرية يتعين التخلص منها وتجب المحافظة على الرؤوس المتبقية في الحقل دون إحداث أضرار بها لأن حصاد الحقل الواحد يتم على ثلاث دفعات للحصول على أعلى محصول (Boyette وآخرون ١٩٩٢)

تتعين معاملة رؤوس الكرنب برفق إذ إن تجريحها — جراء إسقاطها من ارتفاع ١٠٠ سم أثناء تداولها — يؤدي إلى تعرضها للإصابة بالخدوش والأعفان. فضلاً عن زيادة الانخفاض في محتواها من حامض الأسكوربيك أثناء التخزين

ويمكن أن يضار العرق الوسطي للأوراق الخارجية — بسهولة — أثناء تداول الكرنب، مما يؤدي إلى سرعة تلونها بالبني وتعرضها للإصابه بالأعفان، كما أن تلك العروق يمكن أن تتشقق بسهولة (Cantwell & Suslow ٢٠٠٧)

التنفس وإنتاج الإثيلين

يتباين معدل تنفس الكرنب حسب درجة الحرارة، كما يلي (Cantwell & Suslow ٢٠٠٧)

الحرارة (°م)	معدل التنفس (ملليلتر ثاني أكسيد كربون/كجم/ساعة)
صفر	٢-٣
٥	٤-٦
١٠	٨-١٠
١٥	١٠-١٦
٢٠	١٤-٢٥

ويقل معدل إنتاج الكرنب من الإثيلين عن ٠١ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٢٠°م

هذا إلا أن الكرنب يعد حساسًا للإثيلين الذى قد يتعرض له من مصادر خارجية، حيث يؤدى إلى انفصال الأوراق واصفرارها وليس للإثيلين أى دور فى ظهور العيب الفسيولوجى المعروف باسم النقط السوداء black speck (أو بقع الفلفل pepper spot)

التبريد الأوّلى

إذا كان الجو باردًا وقت حصاد الكرنب فإنه لا يحتاج إلى تبريد أولىّ وإنما يوضع – مباشرة – فى المخازن المبردة وبخلاف ذلك فإن الكرنب يبرد أوليًا بالماء المثلج، أو بطريقة الدفع الجبرى للهواء ذات الرطوبة العالية، أو تحت تفريغ، لأجل التخلص من حرارة الحقل

أما إذا كان الجو معتدلاً وقت الحصاد فإنه يكفى وضعه فى المخازن المبردة على الصفر المئوى مع ٩٥٪ رطوبة نسبية، ففى هذه الظروف تنخفض حرارة مركز الرؤوس من ٢٧ إلى ٢°م فى خلال ١٨ ساعة (Boyette وآخرون ١٩٩٢)

التخزين المبرد العادى

لا تخزن إلاّ الرؤوس الصلبة المندمجة السليمة الخالية من الأضرار الميكانيكية، والإصابات المرضية، والحشرية ويتم قبل التخزين نزع الأوراق الصفراء، والأوراق السائبة، ويكتفى بورقتين أو ثلاث فقط من الأوراق المغلفة للرأس ويفيد التخلص من هذه الأوراق فى تحسين التهوية بين الرؤوس عند التخزين ويلزم تكرار عملية تقليم الرؤوس مرة أخرى، والتخلص من الأوراق الخارجية الذابلة بعد انتهاء فترة التخزين

وتفقد أوراق الكرنب رطوبتها سريعًا عندما تكون الرطوبة النسبية فى هواء المخزن منخفضة كما أن الكرنب المخزن على الصفر المئوى يكون أقل تعرضًا للإصابة بالأعفان

عندما تكون الرطوبة النسبية قريبة من التشبع (٩٨٪–١٠٠٪) عما يكون عليه الحال فى رطوبة نسبية ٩٠٪–٩٥٪.

وأفضل الظروف لتخزين الكرنب، هى درجة الصفر إلى ١°م، مع رطوبة نسبية من ٩٨٪–١٠٠٪، وهى ضرورية لمنع ذبول أوراق النبات، كما يلزم الاهتمام بالتهوية ويمكن أن تحتفظ رؤوس الكرنب بجودتها تحت هذه الظروف لمدة تتراوح من ٣–٦ أسابيع فى الأصناف المبكرة، ومن ٥–٨ أشهر فى الأصناف المتأخرة الأكثر صلاحية للتخزين.

وعلى الرغم من أن موعد الحصاد له تأثير كبير على المحتوى الكربوهيدراتى لرؤوس الكرنب، وأن التسميد الآزوتى المتأخر يقلل محتواها من المادة الجافة، فإن أى من العاملين لم يكن مؤثرًا فى قدرة رؤوس الكرنب على التخزين فى حرارة صفر إلى ١°م، ورطوبة نسبية ٩٥٪–٩٨٪ (Nilsson ١٩٩٣).

وتتوقف فترة التخزين على الصنف (تزيد فى الأصناف المتأخرة عما فى المبكرة)، والجودة (الخلو من الأعفان)، وظروف التخزين ويصاحب انتهاء فترة الصلاحية للتخزين ارتفاعًا فى معدل التنفس، ونموًا بالساق.

لا يعد الكرنب حساسًا لأضرار البرودة إلا أن تخزينه على الصفر المئوى لمدة ثلاثة شهور يمكن أن يؤدى إلى حدوث تغيرات لونية فى العرق الوسطى؛ الأمر الذى تتباين شدة حدوثه باختلاف الأصناف (Cantwell & Suslow ٢٠٠٧).

ولقد اقترح أن الكثافة النوعية المثلى لرؤوس الكرنب التى يُرغب فى تخزينها يجب أن تتراوح بين ٠,٧٢، و ٠,٨٠ كجم/لتر، علمًا بأن الرؤوس غير المكتملة التكوين تكون أصغر حجمًا وأقل صلابة وأكثر ميلاً للذبول والفقد الرطوبى، وتقل فيها الرائحة المميزة للكرنب عما يكون عليه الحال فى الرؤوس المكتملة التكوين. وبالمقارنة .. فإن الرؤوس الزائدة التكوين تكون أكثر عرضة للتفلق والإصابة بالأمراض والعيوب الفسيولوجية وتكوين الشمراخ الزهرى بها (Prange ٢٠٠٤)

وتفيد إضاءة المخازن فى الحد من ظهور العيوب الفسيولوجية، وخاصة اصفرار الأوراق والفقد فى الوزن.

تجب عدم زيادة الأوراق المغلفة التى يُبقى عليها عن ٣-٦ أوراق بكل رأس. كما يجب التخلص من جميع الأوراق السائبة قبل التخزين لأنها سوف تتعارض مع حركة الهواء حول الرؤوس؛ الأمر الذى يعد ضروريًا لضمان تجانس الحرارة والرطوبة النسبية حول جميع الرؤوس وإذا ما خزن الكرنب سائبًا فإن تهويته يجب أن تكون من أسفل إلى أعلى، وألا يزيد ارتفاعه عن ثلاثة أمتار (Prange ٢٠٠٤)

ويجب أن يكون تخزين الكرنب بعيدًا عن الثمار المنتجة للإثيلين، إذا إن تعرض الكرنب لتركيز ١٠-١٠٠ جزء فى المليون من الإثيلين يؤدى إلى انفصال الأوراق وفقدان اللون فى خلال خمسة أسابيع

وأكثر إصابات الأعفان شيوعًا فى الكرنب المخزن، هى العفن الطرى المائى، والعفن الطرى البكتيرى، والعفن الرمادى، وتبقع أوراق ألترناريا

وتتجمد أنسجة الكرنب على درجة حرارة -٩. °م أول أقل من ذلك، ولا تحدث بها أضرار إذا تعرضت لهذه الدرجة لفترة قصيرة إلاّ أن التجمد الشديد يحدث أضرارًا كثيرة. حيث تأخذ الأنسجة مظهرًا مائيًا وتتدهور سريعًا بعد التفكك (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨)

ومن أهم المشاكل التى تظهر على الكرنب خلال فترة التخزين الطويلة: نمو الساق أو الشمراخ الزهرى، ونمو الجذور، والتحلل الداخلى، وانفصال الأوراق، والتغيرات اللونية، والأعفان، والنقط السوداء وغالبًا ما يتطلب الأمر تقليم شديد للأوراق المضارة فى حالات تخزين الكرنب لفترات طويلة

ولقد أمكن تقليل الفقد فى الكرنب أثناء التخزين بمعاملته بعد الحصاد بأى من الأنواع البكتيرية *Pseudomomonas fluorescens* (سلالة CL42 أو CL66 أو CL82). أو *Serratia plymuthica* (سلالة CL43)، أو *S. liquefaciens* (سلالة CL80). وكانت

CL80، و CL82 أكثر السلالات فاعلية، وخاصة الأخيرة التى تساوت فى فاعليتها فى تقليل الإصابة بالأعفان مع فاعلية المعاملة بالمبيدات الفطرية. وتحت ظروف التخزين المبرد التجارى كانت CL42 أكثر السلالات فاعلية فى مقاومة الأعفان (Stanley وآخرون ١٩٩٤).

التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته

يخزن الكرنب تجاريًا فى الهواء المتحكم فى مكوناته controlled atmosphere (اختصارًا CA)، ولكن بصورة أساسية لأجل السلطات (coleslaw)، والتصنيع (sauerkraut)، منه لأجل الاستهلاك الطازج

ومن أهم مزايا التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته تقليل الفقد فى الوزن قليلاً، وتأخير ظهور أعراض الشيخوخة، مثل: الاصفرار، وصلابة الأوراق، وفقدها لطعمها الجيد، وتقليل الفقد الناتج عن عملية تشذيب (تقليم) الرؤوس بعد انتهاء التخزين.

يستفيد الكرنب من خفض نسبة الأكسجين إلى ٢,٥٪-٥٪ وزيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون إلى ٢,٥٪-٦٪ أثناء التخزين على حرارة صفر-٥°م. ويفيد الجو المتحكم فيه بهذا الشكل فى المحافظة على لون الأوراق، وتثبيط نمو الساق والجذور، وتقليل سقوط الأوراق هذا إلا أن خفض نسبة الأكسجين إلى أقل من ٢,٥٪ يؤدى إلى حدوث تخمرات، بينما تؤدى زيادة ثانى أكسيد الكربون عن ١٠٪ إلى حدوث تغيرات لونية داخلية (Cantwell & Suslow ٢٠٠٧)

يفيد التركيز المنخفض من الأكسجين فى خفض الفقد الناشئ عن اصفرار وتقليم الأوراق، وفى منع نمو الجذور، بينما يقلل التركيز العالى لثانى أكسيد الكربون من الإصابة بالأعفان والتزريع. وقد تُضار رؤوس الكرنب من هواء تقل فيه نسبة الأكسجين عن ١,٥٪ إلى ٢٪ أو تزيد فيه نسبة ثانى أكسيد الكربون عن ٨٪ إلى ١٠٪، وتتطور تلك الأضرار ببطء فى المخازن، وقد يستغرق الأمر بضعة أسابيع أو شهور. يبدأ ظهور تلك الأضرار على الأنسجة الميرستيمية بالقمة النامية للساق فى منتصف الرأس، ثم ينتشر

نحو الأوراق المحيطة بها كبقع سوداء (في الأكسجين المنخفض) أو برونزية (في ثاني أكسيد الكربون المرتفع) (Prange ٢٠٠٤).

وإذا ما انخفضت نسبة الأكسجين إلى الصفر، أو إذا ما ارتفعت نسبة ثاني أكسيد الكربون إلى ١٥٪ أو أعلى من ذلك لمدة شهر أو أطول من ذلك فإن لون الأوراق الداخلية برؤوس الكرنب يتغير بالرغم من بقاء الأوراق الخارجية طبيعية المظهر. وأدى تركيز ١٪ إلى ٢,٥٪ أكسجين + ٥,٥٪ ثاني أكسيد الكربون إلى تأخير مظاهر الشيخوخة وتثبيط الإصابة بمرض التبقع البكتيرى المعروف باسم pepper spot. وبزيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون إلى ١٠٪ حدث نقص في الإصابة بالأعفان حتى عندما كانت الرطوبة النسبية قريبة من درجة التشبع، شريطة خفض درجة حرارة التخزين إلى الصفر المئوى (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

ويوصى بعدم انخفاض تركيز الأكسجين في هواء المخزن عن ٢,٥٪، وإلا أثر ذلك سلبيًا على طعم الكرنب ونكهته، وعلى قدرة المحصول على تحمل أضرار التجمد (عن Lougheed ١٩٨٧).

ومن المعروف أن تخزين البروكولى في هواء يحتوى على أكثر من ١٠٪ ثاني أكسيد الكربون، وأقل من ٠,٥٪ أكسجين يؤدى إلى ظهور رائحة غير مقبولة ترجع أساسًا إلى إنتاج المركب ميثان ثيول methanethiol (اختصارًا MT) تحت هذه الظروف، كما أن المركبين دايمثيل داى سلفايد dimethyl disulfide (اختصارًا DMDS)، وداى مثيل تراى سلفايد dimethyl trisulfide (اختصارًا DMTS) يمكن أن يسهما في تلك الرائحة المنفرة. وقد وجد Forney & Jordan (١٩٩٩) أن الأنسجة الخضراء من مختلف الصليبيات – بما في ذلك الكرنب – كانت أكثر إنتاجًا للمركب MT عن الأنسجة غير الخضراء، وأن الكرنب الأخضر أنتج أعلى تركيز من المركب DMDS، وتلاه الكرنب المجعد، ثم رؤوس البروكولى. وبينما كان إنتاج المركب DMTS مماثلاً لإنتاج الـ MT، فإن إنتاج المركب DMDS لم يكن مرتبطًا بدرجة عالية مع إنتاج الـ MT.

وقد وجد أن التخزين فى الهواء المتحكم فى مكوناته CA لم يقلل من إصابة الكرنب بالفطر *Botrytis cinerea* مقارنة بالتخزين فى الهواء العادى، إلا أن التغليف بأغشية البولى فينيل كلورايد PVC والـ CA قلّلا الإصابة بتبقع الأوراق البكتيرى المعروف باسم pepper spot بأكثر من ٥٠٪ مقارنة بالتخزين فى الهواء، وقد تم التخلص من هذا المرض كلية بزيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون إلى ١٠٪ وقد ظهرت أضرار نقص الأكسجين بنسبة ٣٣٪، و ٥٠٪ بعد التخزين لمدة ٨٩، و ١٠٩ أيام — على التوالى — فى CA يحتوى على ١٪ أكسجين، و ١٪ ثانى أكسيد كربون. وقد قلل الـ CA والـ PVC الفقد فى الوزن إلى ١٪، مقارنة بفقد وصل إلى ١١٪ فى الهواء، ظهر معه ذبولاً بالأوراق وأدى CA يحتوى على ٣٪ أكسجين، و ٥٪ ثانى أكسيد كربون مع غشاء الـ PVC إلى تأخير الاصفرار مقارنة بالتخزين فى الهواء. وأدت تركيزات ١٪–٣٪ أكسجين مع ١٠٪ ثانى أكسيد كربون إلى إنتاج رائحة وطعم غير مقبولين بعد ٧٤ يومًا من التخزين، وكان ذلك مصاحبًا بزيادة كبيرة فى تركيز الكحول الإثيلى. وقد كان أفضل محتوى لهواء المخزن هو ٣٪ أكسجين مع ٥٪ ثانى أكسيد كربون، إلاّ أن الإصابة بالفطر *B. cinerea* كانت عائقًا أمام إطالة فترة التخزين (Menniti وآخرون ١٩٩٧)

التغيرات الفسيولوجية المصاحبة للتخزين

تغيرات فى المحتوى الكيميائى

بينما تتراكم المادة الجافة والسكريات، وتزداد صلابة رؤوس الكرنب خلال فترة الحصاد، فإن تغيرات معاكسة لذلك غالبًا ما تظهر بعد الحصاد هذا إلا أن الجودة لم تتدهور بصورة خطيرة خلال ٦–٧ شهور من التخزين تحت ظروف جيدة (فى فنلندة) ومع اقتراب نهاية فترة التخزين حدثت تغيرات فى المحتوى الكربوهيدراتى، وخاصة زيادة السكروز فى الساق الداخلى للرأس؛ الأمر الذى يعكس حالة التهيؤ للنمو الجديد (Suojala ٢٠٠٣)

وقد احتوى الكرنب الطازج — بعد الحصاد مباشرة — على أعلى تركيز من مضادات

الأكسدة حامض الأسكوربيك والبيريدوكسين pyridoxine وفى الشهور الثلاثة الأولى من التخزين تحت ظروف الهواء العادى شتاءً (فى ويلز بالمملكة المتحدة) فُقد كل البيريدوكسين وحوالى ٨٠٪ من حامض الأسكوربيك كذلك وجد فى الكرنب الطازج عددًا كبيرًا من المركبات الفلافونية flavonoids، ولكن أكثر من نصفها فقدت تمامًا خلال ستة شهور من التخزين ومن بين أحد عشر مركبًا فينوليًا أمكن رصدها فى هذه الدراسة استمر وجود سبعة منها طوال فترة التخزين التى استمرت لمدة ستة شهور، بينما فقد اثنان منها، وظهرت ثلاثة مركبات أخرى أثناء التخزين (Hounsome وآخرون ٢٠٠٨)

ظهور العيب الفسيولوجى: النقط السوداء

يظهر العيب الفسيولوجى نقط الأوراق السوداء black epeck (أو بقع الفلفل pepper spot أو بقع الأعناق petiole spot) على الكرنب فى صورة بقع صغيرة جدًا إلى متوسطة المساحة متغيرة اللون على العرق الوسطى للأوراق وتفرعاته الرئيسية قد تظهر تلك الأعراض بعد التعرض لفترة من الحرارة المنخفضة فى الحقل، أو عند حصاد رؤوس زائدة التكوين، ولكنها غالبًا ترتبط بظروف شحن وتخزين معينة كأن تتعرض الرؤوس لحرارة منخفضة، ثم لحرارة مرتفعة وتتباين الأصناف فى مدى حساسيتها للإصابة بهذا العيب الفسيولوجى ويمكن أن يقلل التخزين فى ١٠٪ ثانى أكسيد الكربون من ظهور ذلك العيب (Cantwell & Suslow ٢٠٠٧)

التصدير

يجب أن تكون رؤوس الكرنب المعدة للتصدير إلى السوق الأوروبية سليمة، وطازجة المظهر، وغير منشقة، وغير مصابة بالأعفان، ولا يظهر عليها أى تدهور، وخالية من الجروح والأضرار الميكانيكية ومن الحشرات والمتطفلات، ومن أضرار الصقيع، ونظيفة، وخالية من أى مواد غريبة، وخالية من الرطوبة الخارجية غير العدية، وخالية من أى طعم أو روائح غير مرغوب فيها

ويجب أن تكون ساق الرأس مقطوعة أسفل مستوى الأوراق الخارجية مباشرة، وأن تبقى الأوراق ثابتة فى مكانها، وأن يكون مكان قطع الساق نظيفًا.

ويجب أن تكون الرؤوس بحالة تسمح بتحمل النقل والتداول وأن تصل إلى الأسواق المستوردة بحالة مرضية.

وتقسم عادة رؤوس الكرنب على درجتين. الأولى والثانية.

يحب أن تكون رؤوس الدرجة الأولى مرضية من كافة الوجوه ومندمجة تمامًا، ولكن يسمح فيها بوجود بعض الشقوق والجروح البسيطة بالأوراق الخارجية، وأن يكون تقليمها في أضيق الحدود.

أما رؤوس الدرجة الثانية فإنها تتشابه فى مواصفاتها مع رؤوس الدرجة الأولى، ولكن يسمح فيها بأن تكون الرؤوس أقل اندماجًا، وبدرجة أكبر قليلاً من الشقوق والجروح بالأوراق الخارجية. التى يسمح فيها – كذلك – بدرجة أكبر من التقليم.

وفي كل الحالات يجب ألاّ يقل وزن الرأس عن ٣٥٠ جم

ويمكن تدريج الرؤوس على أساس الوزن الصافي للرأس، ويعد التدريج إجباريًا عند عرض الكرنب فى العبوات، حيث يجب ألا يزيد وزن أكبر الرؤوس عن ضعف وزن أصغر الرؤوس فى العبوة الواحدة وعندما لا يقل وزن أكبر الرؤوس فى العبوة عن كيلو جرامين فإن الفرق الذى يسمح به بين أكبر وأصغر الرؤوس فى العبوة الواحدة يصل إلى كيلو جرام واحد.

ويسمح بتجاوز شروط الجودة فى كل درجة بنسبة ١٠٪ بالعدد أو بالوزن، ولكن يجب أن تنطبق مواصفات الدرجة الثانية على الرؤوس المخالفة المسموح بها فى الدرجة الأولى، وألاّ تكون الرؤوس المخالفة المسموح بها فى الدرجة الثانية مصابة بالأعفان أو متدهورة إلى درجة تجعلها غير صالحة للاستهلاك

كما يسمح كذلك بتجاوز شروط الحجم فى كل درجة بنسبة ١٠٪ بالعدد أو بالوزن

فيما يتعلق بالتجانس فى الحجم وفى الحد الأدنى للورن، ولكن على ألاّ يقل وزن أى رأس عن ٣٠٠ جم

الكرنب المجهز للمستهلك

يجهز الكرنب للمستهلك ممزقًا إلى قطع طولية shredded، ومقطعًا إلى مكعبات صغيرة diced

يجب أن يكون الكرنب الأخضر المجهز طازجًا، ذا لون أخضر فاتح، وطعم معتدل الحرافة، وبدون رائحة كبريتية، ويجب أن يكون للمنتج رائحة الكرنب المعروفة بدون روائح غريبة. كذلك يجب أن يخزن الناتج على ١–٣°م لتأمين الجودة ولتجنب أى احتمال للتجمد أثناء التداول والتزريع والتخزين

تتراوح الأجزاء المقطعة بين ٠,٥ إلى ١,٠ سم فى البداية يتم التخلص من الأوراق المغلفة للرأس، ثم يُتخلص من الساق، ويلى ذلك تقطيع الرأس وغسيلها بماء يحتوى على ١٠٠ جزء فى المليون كلورين لمدة دقيقة قبل تجفيفها بالطرد المركزى والتعبئة

يوصى بتخزين الكرنب الطازج المجهز للمستهلك فى جو متحكم فى مكوناته يحتوى على ٥ ٪–٥ ٧٪ أكسجين + ١٥٪ ثانى أكسيد كربون ويؤدى خفض الأكسجين إلى أقل من ٥٪ إلى سرعة تكاثر بكتيريا التخمر وتكوّن رائحة غير مقبولة فى خلال ستة أيام على حرارة ٥°م وقد وجد أنه فى حرارة ١١°م، نمت *Listeria* sp. أسرع على الكرنب المجهز عندما احتوى الهواء على أقل من ١,٨٪ أكسجين + أكثر من ٢٠٪ ثانى أكسيد الكربون، عما كان عليه النمو فى الهواء

وقد احتفظ الكرنب المجهز للمستهلك fresh-cut بلونه الجيد بصورة أفضل عندما كانت تعبئته فى أغشية مثقبة مقارنة بما كان عليه الحال عند التعبئة فى غير المثقبة ولقد ثُبِّطت أكسدة حامض الأسكوربيك وعملية التلون بالبنى بصورة جيدة. كما كان لعد الميكروبى منخفضًا لدى استعمال تلك الأغشية المثقبة. مع بدء التخزين بتركيز ٥٪ من

الأكسجين وحفظ الكرنب على طعمه الجيد تحت هذه لظروف مع التخزين عىى ٥°م (Hu وآخرون ٢٠٠٧)

وحدث تغير من التنفس الهوائي إلى التنفس اللاهوائي في الكرنب المجهز للمستهلك عندما كانت تعبئته في ٢ ١٪-٥ ١ ٪ أكسجين ولقد ازداد تركيز حامض الأسكوربيك وحامض الدى هيدروكسي أسكوربيك في بداية التخزين جراء تمثيل حامض الأسكوربيك، ولكن تركيزهما سرعان ما انخفض جراء حدوث زيادة في معدل أكسدة حامض الأسكوربيك وقد أمكن المحافظة على جودة الكرنب المجهز بحفظه في أغشية بسمك ٢٥-٣٠ ميكرونًا على ٥°م (Hu وآخرون ٢٠٠٧)

ويتباين معدل تنفس الكرنب المعد للمستهلك fresh-cut حسب درجة التقطيع ودرجة حرارة التخزين، كما يلى (عن Prange ٢٠٠٤)

الحرارة (°م)	معدل التنفس (مجم ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة) فى حالة التقطيع إلى	
	قطع كبيرة (١ × ٣سم)	قطع صغيرة (٠,٥ × ١,٥سم)
٢	١٦-١٨	١٨-٢٤
٥	٢٢-٣٤	٢٦-٤٠
١٠	٤٢-٤٨	٥١-٥٧
٢٣	١١٧-١٥٣	١٥٣-١٧١

هذا ويؤدى فرم الكرنب إلى زيادة محتواه من مركبات الثيوسيانات (Wojciechowska وآخرون ١٩٩٩) كما أدى فرم الكرنب بعد تخزينه لفترة قصيرة إلى زيادة محتواه من المركبات الفينولية، وأدى تجريحه إلى زيادة محتواه من البرولين الحر، كذلك ازداد نشاط إنزيم البيروكسيديز بشدة بكل من الفرم والتجريح (Leja وآخرون ١٩٩٩)

وازداد التغير فى لون الكرنب المفروم بزيادة نشاط كلا من الـ catechol oxidase، والـ phenylalanine ammonia lyase. والمحتوى الكلى من الفينولات. وذلك بعد ساعة

على حرارة الغرفة، في الوقت الذى قلت فيه التغيرات اللونية بزيادة محتوى الكرنب من الـ allylisothiocyanate هذا ولم يوجد ارتباط بين التغير اللونى وأى من معدل التنفس أو معدل إنتاج الإثيلين. وقد حدث أكبر تغير لونى عند تعبئة الكرنب المفروم فى أكياس من البوليثيلين، وكان ذلك مصاحبًا بزيادة فى نشاط كلا من الإنزيمين catechol oxidase، و phenylalanine ammonia lyase (Shyr وآخرون ١٩٩٩أ).

وجدير بالذكر أن معاملة الكرنب المفروم بالأليل أيزوسيانات allylisothiocyanate (بالتخلل infiltration تحت تفريغ أو بالتبخير) بتركيز ٥٠٠ جزء فى المليون أدى إلى خفض الزيادة فى تلون الكرنب المفروم بنسبة ٥٠٪، وخفض نشاط إنزيم catechol oxidase بنسبة ٨٧٪، ونشاط إنزيم phenylalanine ammonia lyase بنسبة ٦٤٪، ومنع تراكم الفينولات بعد ٢٤ ساعة كذلك قللت المعاملة التلون البنى الإنزيمى للكرنب المفروم (Shyr وآخرون ١٩٩٩ب)

القنبيط

اكتمال التكوين للحصاد، والحصاد

تصبح أقراص القنبيط عادة جاهزة للحصاد بعد شهرين ونصف إلى أربعة أشهر ونصف من الشتل، وتتوقف المدة على الصنف والظروف الجوية ويستمر الحصاد – عادة – لمدة حوالى ٢٠–٣٠ يومًا ويجرى الحصاد بعد أن تصل الأقراص إلى أكبر حجم لها، ولكن قبل أن تتفكك، أو تصبح محببة أو زغبية

يبدأ الحصاد – عادة – عندما تكون ١٠٪ من النباتات قد أكملت تكوين أقراصها، ثم يستمر بعد ذلك كل يومين فى الجو الحار، وكل أربعة أيام فى الجو البارد، وذلك بقطع النبات بسكين تحت الرأس بمسافة كافية

من الأهمية بمكان حصاد الأقراص وهى مازالت مندمجة، وخاصة عند الرغبة فى شحنها إلى أسواق بعيدة وبينما لا توجد مخاطر تذكر إذا ما قطعت الأقراص قبل

وصولب إلى أنسب حجم لحصادها. فإن قطعها بعد اكتمال تكوينها يعرضها إلى سرعة التفكك أثناء التداول والتخزين وإنه يفضل دائما عدم إعطاء حجم الأقراص أهمية كبيرة، مع التركيز على حصاد الرؤوس التى تكون أقراصها مندمجة وبحالة جيدة

هذا .. وتكمل أقراص القنبيط نموها سريعًا فى الجو الدافئ، وما لم تكن فترات ارتفاع درجة الحرارة متوقعة — بحيث يتم توفير العمالة اللازمة للحصاد مسبقاً — فإن نسبة كبيرة من النباتات قد تُفقد بسبب انفراج أقراصها قبل حصادها وإذا ما أصبح جزء من الحقل زائد النضج فإنه يفضل القبول بهذه الخسارة والاستمرار فى حصاد الأقراص الجيدة فقط حتى لا تصبح هى الأخرى زائدة النضج إذا ما تركت جانبًا لحين حصاد الجزء الزائد النضج (Jones & Roza ١٩٢٨)

التداول

التقليم

تنظف الرؤوس من الأوراق الزائدة بسكين، وتقلم الأوراق المحيطة بالرأس jacket leaves حتى ارتفاع ٢-٣ سم فوق مستوى القرص وتعمل الأجزاء المتبقية من الأوراق على حماية الرؤوس من الاحتكاك ببعضها البعض عند التعبئة. كذلك تقطع ساق النبات، ويترك منها جزء صغير يحمل دائرة واحدة من الأوراق الخارجية الكبيرة، بالإضافة إلى الأوراق الداخلية الصغيرة

التبريد الأولى

يبرد القنبيط أوليًا إما بالثلج المجروش — حيث يخلط الثلج المجروش مع الأقراص، وتحفظ على هذه الحال لعدة أيام بحالة جيدة — وإما بالتفريغ

كما يمكن تبريد القنبيط أوليًا بالماء البارد (hydrocooling) بسرعة كبيرة، فمثلاً . أمكن خفض حرارة الرؤوس من ٢١ ١ إلى ٤ ٤°م فى خلال ٢٠ دقيقة بالغمر فى الماء المثلج على حرارة ١ ١°م؛ هذا . فى الوقت الذى تطلب التبريد الأولى تحت تفريغ ٣٠

دقيقة لتحقيق نفس الدرجة من التبريد عندما تم بل الأقراص بالماء، بينما لم يمكن تبريد الأقراص غير المبللة لنفس الفترة (٣٠ دقيقة) تحت تفريغ إلاّ لحوالى ١٠°م، وهو أمر غير كافٍ.

التخزين المبرد العادى

يؤدى تعرض الأقراص لحرارة عالية بعد الحصاد إلى اصفرار الأوراق المحيطة بها وسقوطها قبل عرضها بالأسواق. وتقل سرعة اصفرار الأوراق وفقدها بانخفاض درجة الحرارة، ففى ٧°م تصفر ٣-٦ أوراق فى خلال أسبوع واحد، وتصفر كل الأوراق بعد أسبوع آخر. وفى ٥°م يكون الاصفرار أقل سرعة، أما فى الصفر المئوى فلا يبدأ الاصفرار قبل مرور شهر على الحصاد (Jones & Roza ١٩٢٨).

وأفضل الظروف لتخزين الرؤوس الجيدة، هى حرارة الصفر المئوى، مع رطوبة نسبية مقدارها ٩٥٪. تحتفظ الرؤوس بجودتها تحت هذه الظروف لمدة ٣-٤ أسابيع ويمكن تخزين الرؤوس الأقل نضجًا لمدة أطول من الرؤوس الزائدة النضج.

ويتوقف نجاح التخزين على تجنب ما يلى:

١- تجمد الرؤوس، لأن ذلك يؤدى إلى ظهور مناطق مائية بها، ثم تبقعها باللون البنى.

٢- ارتفاع درجة الحرارة، لأن ذلك يؤدى إلى سرعة تدهور الرؤوس وتحببها، وتلونها باللون البنى كذلك (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).

٣- انخفاض الرطوبة النسبية، لأن ذلك يؤدى إلى ذبول الأوراق المحيطة بالرأس.

وربما يؤدى تخزين القنبيط فى تركيز منخفض من الأكسجين (أقل من ٢٪)، وتركيز مرتفع من ثانى أكسيد الكربون (أعلى عن ٥٪) إلى إكساب المحصول نكهة غير مرغوب فيها تظهر عند طهى الأقراص. ويكون التأثير السلبى لزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون على النكهة أطول بقاء بعد إخراج المحصول من المخزن عن التأثير السلبى الذى يحدثه نقص تركيز الأكسجين (عن Lougheed ١٩٨٧).

التخزين فى أغشية معدلة للهواء المحيط بالأقراص

قد تنظف الرؤوس من الأوراق كلية، ثم تعبأ فى أغشية من ورق السوليفان الشفاف وقد يقطع القرص ذاته إلى أجزاء، توضع فى صوان ورقية وتغطى بالسوليفان

وعندما غلفت أقراص القنبيط بأنواع مختلفة من الأغشية (هى: البولى فينايل كلورايد PVC بسمك ١٤ ميكروميتر، والبولى إثيلين قليل الكثافة LDPE بسمك ١١، أو ١٥، أو ٢٠ ميكروميتر (ميكرون)، والـ microwavable LDPE بسمك ١١ ميكرون) وخزنت لمدة أسبوع على حرارة ١,٥°م لمحاكاة فترة الشحن التجارى. ثم لمدة ٢,٥ يوم على ٢٠°م لمحاكاة فترة العرض فى الأسواق كانت أفضل النتائج عندما كان تغليف الأقراص فى LDPE بسمك ١١ ميكروميتر وقد تساوت جميع الأغشية التى استعملت فى تأثيرها على تركيب الهواء الداخلى (حوالى ١٦٪ أكسجين، و ٢٪ ثانى أكسيد كربون أثناء التخزين البارد، وحوالى ١١٪ أكسجين، و ٣,٥٪ ثانى أكسيد كربون أثناء محاكاة فترة العرض بالأسواق) وصفات الجودة بصورة عامة، واصفرار الأقراص وتلونها باللون البنى، وفى إصابتها بالألترناريا. هذا بينما كان الفقد فى الوزن أقل كثيرًا عندما استعملت أغشية الـ LDPE عما كان عليه الحال عندما استعمل غشاء الـ PVC (Artes & Martinez ١٩٩٩)

التصدير

تشترط السوق الأوروبية المشتركة أن تكون رؤوس القنبيط المسوقة بها طازجة، وكاملة، ونظيفة، وخالية من الرطوبة الحرة الخارجية غير العادية ومن الروائح الغريبة والطعم غير العادى، وأن تكون مطابقة لمواصفات الرتبة.

ويصنف القنبيط إلى ثلاث رتب، كما يلى:

١- رتبة الإكسترا:

يجب أن تكون الرؤوس مطابقة فى مواصفاتها للصنف، وجيدة التكوين، وصلبة، وكاملة، وذات لون أبيض متجانس أو كريمية فاتحة، وخالية من أى عيوب. وإذا

سوقت الرؤوس مع بعض الأوراق المشذبة فإنها يجب أن تكون طازجة المظهر (غير ذابلة)

٢- الرتبة الأولى:

يجب أن تكون الرؤوس مطابقة فى مواصفاتها للصنف وجيدة النوعية، ولكن يسمح بعيوب بسيطة فى الشكل، واللون، وبدرجة بسيطة جدًا من "الزغبية" woolliness هذا . إلا أن أجزاء القرص يجب أن تكون متماسكة وصلبة، وبيضاء إلى عاجية اللون، وخالية من الجروح وأوراق القرص (التى قد تبرز منه) وأضرار الحشرات و لأمراض كذلك يجب أن تكون أوراق الرأس المشذبة (فى حالة التسويق بالأوراق) طازجة المظهر.

٣- الرتبة الثانية:

يسوق فى هذه الرتبة رؤوس القنبيط التى تصلح للتسويق فى الرتب الأعلى. حيث يجب أن تتوفر فيها الشروط العامة، ولكن يسمح بوجود عيوب بسيطة فى الشكل، والتماسك، والتلون الأصفر، كما يسمح فيها بوجود درجة بسيطة من لفحة الشمس، وما لا يزيد عن خمس أوراق بلون أخضر باهت، وبدرجة بسيطة من الزغبية woolliness كذلك يسمح فيها بوجود آثار من الأضرار الحشرية والمرضية والخدوش بشرط ألاّ تؤثر تلك العيوب فى قدرة الرؤوس على التخزين.

كذلك يدرج القنبيط على أساس الحجم، ويتحدد ذلك بأكبر قطر للقرص، أو بطول القوس الذى يمر بقمة القرص ويمتد إلى أقصى قطر له ويعتبر الحد الأدنى لحجم الأقراص هو ١١ سم للقطر، و ١٣ سم للقوس. ويجب ألا يزيد الفرق بين أصغر الأقراص وأكبرها فى العبوة الواحدة عن ٤ سم عند التدريج على أساس القطر، و٥ سم عند إجراء التدريج على أساس القوس.

هذا . ويسمح فى الرتبة الإكسترا بنسبة رؤوس لا تتجاوز ٥٪ لا تكون مطابقة للرتبة ولكنها تكون مطابقة للرتبة الأولى، كما يسمح فى الرتبة الأولى بنسبة رؤوس لا تتجاوز ١٠٪ لا تكون مطابقة للرتبة ولكنها تكون مطابقة للرتبة الثانية، ويسمح فى الرتبة

ثانية بنسبة رؤوس لا تتجاوز ١٠٪ لا تكون مطابقة للرتبة. ولكنها تكون صالحة للاستهلاك

ويسمح في جميع الرتب بنسبة ١٠٪ من الرؤوس – بالعدد في العبوة الواحدة – تكون مخالفة في الحجم، ولكنها تكون في حدود الحجم الأكبر أو الأصغر مباشرة لحجم رؤوس العبوة. ويجب ألا يقل حجم الرأس في أصغر الأحجام عن ١٠ سم في القطر أو ١٢ سم في القوس.

وفي جميع الحالات يجب ألاّ تزيد نسبة التجاوزات الكلية عن ١٠٪ في رتبة الإكسترا، وعن ١٥٪ في الرتبتين الأولى والثانية.

البروكولي

الظروف والظواهر السابقة للحصاد المؤثرة في الجودة

الري

يؤدي تعرض البروكولي لظروف نقص الرطوبة الأرضية قبل الحصاد (0.4 MPa) إلى زيادة محتواه من الزياتين zeatine، والزياتين ريبوز zeatine ribose، وإلى تأخير اصفراره بعد الحصاد، الأمر الذي يُعتقد بأن مرده إلى الزيادة في محتواه من السيتوكينينات .. على الأقل تلك التي تم تقديرها (Zaicovski وآخرون ٢٠٠٨)

العيوب الفسيولوجية السابقة للحصاد

تظهر بالبروكولي بعض العيوب الفسيولوجية، بسبب تعرضه لظروف معينة قبل الحصاد. وهي عيوب تؤثر في جودة المنتج، ومن بينها ما يلي

التكوين المبكر للرؤوس Premature Heading:

يعتبر التكوين المبكر للرؤوس حالة فسيولوجية شبيهة بظاهرة التزرير في القنبيط، حيث تتكون رؤوس طرفية صغيرة غير اقتصادية. وقد تبين من دراسات Baggett & Mack (١٩٧٠) على تسعة أصناف من البروكولي أن استخدام شتلات كبيرة الحجم في

الزراعة أدى إلى زيادة نسبة النباتات التي اتجهت – مبكرًا – نحو تكوين رؤوس صغيرة الحجم

البراعم البنية:

تظهر حالة البراعم البنية Brown buds حينما تبلغ رؤوس البروكولي حجمًا مناسبًا للتسويق، حيث لا تكمل بعض الزهيرات نموها وتموت ويتغير لونها من الأخضر إلى الأصفر، فالبني، ويلي ذلك تحلل البراعم التي ظهرت بها الإصابة، ثم موتها وسقوطها تاركة وراءها منفذًا للإصابة بالبكتيريا المسببة للأعفان من جنسي *Erwinia*، و *Pseudomonas*. وتتباين أصناف البروكولي في مدى حساسيتها للإصابة بتلك الحالة

وكثيرًا ما تظهر هذه الحالة الفسيولوجية حينما تأتي فترة من الحرارة العالية والنمو السريع مع الرطوبة الأرضية العالية، وخاصة أثناء تكوين البراعم وقد يسهم في ظهور هذه الحالة – كذلك – التباين الشديد في الرطوبة النسبية ونقص البورون (Pascual وآخرون ١٩٩٦)

وقد أظهرت دراسات Pascual وآخرون (١٩٩٦) أن تركيز الكالسيوم في رؤوس البروكولي المتأثرة بحالة البراعم البنية كان دائمًا أعلى عما في الرؤوس السليمة، كما كانت نسبة البوتاسيوم إلى الكالسيوم + المغنيسيوم أعلى في الرؤوس السليمة عما في تلك المصابة

الرؤوس المتورقة:

تحدث ظاهرة نمو الأوراق في الرؤوس Leafy Heads عند ارتفاع درجة الحرارة مع توفر ظروف محفزة للنمو الخضري الغزير، مثل زيادة الرطوبة والتسميد الآزوتي

وفي دراسة أجريت على أربعة أصناف من البروكولي (هي Baccus، و Citation، و Packman، و Southern Comet) . وجد أن توريق الرأس (ظهور الأوراق بها) لم يكن حساسًا لأي من متوسط درجة الحرارة الصغرى خلال موسم النمو (التي تراوحت بين ٧,٠، و ٥ ٢٣°م)، أو متوسط درجة الحرارة العظمى (التي تراوحت بدورها بين ٥ ١٧، و ٣٢.٥°م) (Dufault ١٩٩٦)

الساق الأجوف:

تبدو حالة الساق الأجوف على صورة تجوف بحامل النورة عند مكان القطع، قد يتغير لونه بعد القطع. وتلك حالة تتأثر بالصنف والظروف التى تحفز النمو السريع

اصفرار الزهيرات floret yellowing:

قد يعود الاصفرار إلى التأخير فى الحصاد، أو التخزين فى حرارة مرتفعة، أو التعرض للإثيلين ويعنى اصفرار الزهيرات بأى درجة انتهاء الصلاحية للتسويق.

ويجب عدم الخلط بين اصفرار الزهيرات الذى يرجع إلى الشيخوخة، وبين اللون الأخضر الضارب للصفرة للزهيرات التى لم تتعرض لضوء الشمس أثناء نموها (Cantwell & Suslow ٢٠٠٧).

اكتمال التكوين للحصاد، والحصاد

ينضج البروكولى بعد ٦٠–٩٠ يومًا من الشتل، ويتوقف ذلك على الصنف والظروف الجوية السائدة. ويحصد البروكولى على مدى فترة زمنية طويلة، نظرًا لأن النبات يكون رؤوسًا جانبية فى آباط الأوراق بعد حصاد الرأس القمية. يتراوح قطر الرأس الطرفية من ٨–١٥ سم، والرؤوس الجانبية من ٣–١٠ سم، وتحصد الرؤوس بنحو ٢٠–٢٥ سم من الساق ويؤدى تأخير الحصاد عن الموعد المناسب إلى تفكك الرؤوس وتفتح البراعم تدريجيًا، ويتراوح المحصول بين ٥ و ٧ أطنان للفدان.

يجب حصاد رؤوس البروكولى وبراعمها مازالت صغيرة ومغلقة جيدًا، وقبل أن تبدأ أجزاء الرأس فى الانفصال عن بعضها البعض، وقبل أن تظهر بالنورة بتلات صفراء اللون، فتكون بلون أخضر داكن أو لامع. كما يجب أن تحصد النورات بحامل نورى بطول مناسب ومقطوع قطعًا نظيفًا.

ويؤدى تأخير الحصاد مع ارتفاع درجة الحرارة إلى إحداث زيادة غير مقبولة فى نمو البراعم أو تفتحها، وهى الحالة التى تعرف باسم coarse buds وتختلف الأصناف فى

أحجام براعمها فى مرحلة النضج المناسبة للحصاد، وكذلك فى مدى قدرة براعمها على البقاء بحالة جيدة قبل حصادها.

وقد أدى الحصاد الآلى مرة واحدة للحقل (لحصاد الرؤوس الأولية القمية فقط) إلى نقص المحصول بنسبة ٤٩٪–٦٠٪ أما الجمع بين الحصاد اليدوى للرؤوس القمية والحصاد الآلى للنورات الجانبية فقد أسهم فى تقليل النقص فى المحصول إلى ٢٣٪ فقط.

التنبؤ بموعد الحصاد

وجدت ارتباطات جوهرية سالبة بين عدد الأيام حتى تكوين البراعم وكل من درجة الحرارة الدنيا التى تعرضت لها النباتات خلال الأيام العشرة الأولى بعد الشتل، ودرجة حرارة الهواء القصوى بعد ٢٠، و ٣٠، و ٤٠ يومًا من الشتل. ومتوسط درجة حرارة الهواء بعد ١٠، و ٢٠، و ٣٠ يومًا من الشتل. كذلك ارتبط تكوين البراعم جوهريًا مع درجة حرارة التربة بعد ٢٠ يومًا من الشتل. وكانت معظم هذه التأثيرات لدرجتى حرارة الهواء والتربة مرتبطة جوهريًا – كذلك – بموعد الحصاد (Fujime & Okuda ١٩٩٤).

وكانت أفضل طريقة للتنبؤ بموعد حصاد البروكولى بأقل قيمة لمعامل الاختلاف Coefficient of variation هى بجمع الفرق بين متوسط درجة حرارة موسم النمو growing season mean temperature – خلال الفترة من الزراعة إلى الحصاد – ودرجة حرارة أساس مقدارها ٧,٢°م وإذا كان متوسط درجة الحرارة القصوى خلال موسم النمو يزيد عن ٢٦.٧°م يحسب متوسط درجة حرارة عظمى معدل بطرح ٢٦.٧°م من متوسط درجة الحرارة العظمى الفعلى، ثم يطرح الناتج من متوسط درجة الحرارة لموسم النمو. ويلى ذلك حساب مجموع درجات حرارة النمو اليومية بطرح درجة حرارة الأساس ومقدارها ٧.٢°م من درجة الحرارة العظمى المعدلة خلال موسم النمو أعطت هذه الطريقة معامل اختلاف قدره ٣.٩٦ مقارنة بمعامل اختلاف قدره ١٣.٤ حُصل عليه عند اتباع الطريقة القياسية بجمع الفرق اليومى بين متوسط درجة الحرارة (اليومى) ودرجة حرارة

أساس مقدارها ٤,٤ °م. وكانت الطريقة الأفضل من الطريقتين السابقتين هي بجمع الفرق بين متوسط درجة الحرارة العظمى خلال موسم النمو (من الزراعة إلى الحصاد) ودرجة حرارة أساس مقدارها ٧,٢ °م، ولكن إذا كان متوسط درجة الحرارة العظمى خلال الموسم أعلى عن ٢٩,٤ °م، فإن درجة حرارة الأساس تطرح من ٢٩,٤ وليس من متوسط درجة الحرارة العظمى الفعلية. أعطت هذه الطريقة معامل اختلاف قدره ٣,٧١، مقارنة بمعامل اختلاف قدره ٤,١ عند اتباع الطريقة القياسية بجمع الفرق اليومي بين متوسط درجة الحرارة (اليومي) ودرجة حرارة أساس مقدارها ٤,٤ °م (Dufault ١٩٩٧)

كذلك أمكن التوصل لى معادلة تربيعية quadratic تربط بين لوغاريتم قطر الرأس ومجموع الحرارة الأعلى من حرارة أساس مقدارها صفر °م بسقف حراري مقداره ١٧ °م بداية من مرحلة تهيئة الرأس للتكوين (حينما يبلغ قطر القمة الميرستيمية ٠,٦ مم) . هذه العلاقة فسّرت ٩٧,٣٪ من الاختلافات في قطر الرأس في بيانات ٦٨ زرعة بروكولي وأدى أخذ الكثافة النباتية والصنف المزروع في الحسبان إلى تحسين ملاءمة العلاقة التربيعية جوهريًا (R^2 = ٠,٩٨١٩) كذلك أدى أخذ الإشعاع الشمسي المتراكم بداية من مرحلة تهيئة الرأس للتكوين أو شهر الزراعة في الاعتبار . أدى ذلك إلى تحسين مدى ملاءمة العلاقة التربيعية (R^2 = ٠,٩٨٧٣، و ٠,٩٨٤٧ على التوالي) ويمكن استعمال العلاقة البسيطة بين قطر رأس البروكولي والحرارة المتجمعة من بداية مرحلة تهيئة الرأس للتكوين .. يمكن استعمالها في معادلة للتنبؤ بموعد وصول الرأس إلى حجم معين، وأظهر تطبيق تلك المعادلة اختلافات في موعد التنبؤ في حدود ٤-٥ أيام عن الموعد الملاحظ. هذا . ولم تبدأ أبدًا تهيئة رأس البروكولي للتكوين قبل ظهور مالا يقل عن ٧ أوراق، أو قبل ظهور وتهيئة تكوين مالا يقل عن ١٤ ورقة وقد فسّرت علاقة خطية بين عدد الأوراق الظاهرة والعدد الكلي للأوراق التي تهيأت للتكوين . فسّرت ٩٥٪ من التباينات. ولذا .. فإن عدد الأوراق الظاهرة يمكن اتخاذه كأساس للتنبؤ بأبكر موعد محتمل لأخذ عينات للتنبؤ بموعد الحصاد، ولكن ليس للتنبؤ بحجم الرأس بسبب اعتماد الحجم على الحرارة (Grevsen ١٩٩٨).

التنفس وإنتاج الإثيلين

يتباين معدل تنفس البروكولى حسب درجة الحرارة، كما يلى

الحرارة (°م)	معدل التنفس (ملليلتر ثانى أكسيد كربون/كجم/ساعة)
صفر	١٠-١١
٥	١٦-١٨
١٠	٣٨-٤٣
١٥	٨٠-٩٠
٢٠	١٤٠-١٦٠

ويقل كثيرًا إنتاج البروكولى من الإثيلين إلى أقل من ٠١ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٢٠°م

هذا إلا أن البروكولى شديد الحساسية للإثيلين الذى يمكن أن يتعرض له من مصادر خارجية، وأبرز مظاهر تلك الحساسية اصفرار الزهيرات ويؤدى التعرض للإثيلين بتركيز جزأين فى المليون على ١٠°م إلى تقصير فترة الصلاحية للتخزين بنسبة ٥٠٪.

ويستدل من دراسات Kato وآخرين (٢٠٠٢) أن مجرد عملية قطع ساق البروكولى (الحامل النورى) يؤدى إلى تمثيل الـ ACC والإثيلين؛ مما قد يحفز نشاط الـ ACC oxidase وزيادة وفرة شفرة هذا الإنيزم بالزهيرات.

التداول

التقليم والتربيع

تقلم سيقان الرؤوس بعد الحصاد؛ بحيث تكون متساوية وبطول ١٥ سم، ثم تربط فى حزم، وقد يدرج المنتج قبل التعبئة.

التبريد الأولى

تفقد براعم البروكولى عند الحصاد حوالى ١٪ من محتواها من المادة الجافة – بالتنفس – فى كل ساعة. وبالمقارنة .. فإن تنفس السيقان (الحوامل النورية) يكون أبطأ من ذلك وثابت نسبيًا. ولذا .. فإن التبريد المبدئى السريع للبروكولى بعد الحصاد يعد أمرًا حتميًا للمحافظة على جودته (عن Pogson & Morris ١٩٩٧)، مع ضرورة تخزينه على درجة الصفر المئوى بعد ذلك لحين عرضه فى الأسواق.

يناسب التبريد الأولى للبروكولى طريقة الدفع الجبرى للهواء على أن تكون رطوبة الهواء مرتفعة، كما يناسبه طريقة التبريد تحت تفريغ، والتبريد بالثلج.

وقد كان التبريد الأولى بالماء المثلج hydrocooling أفضل وسيلة لسرعة تبريد البروكولى قبل تخزينه على ٢°م، وذلك مقارنة بطريقتى تبريد الغرفة room cooling (أى ترك المنتج فى غرفة مبردة إلى أن تنخفض حرارته إلى الدرجة المطلوبة) والتبريد بطريقة إضافة الثلج المجروش إلى المنتج المعبأ فى الحقل ice topping، كما احتفظ البروكولى المبرد مبدئيًا بهذه الطريقة برطوبته بصورة أفضل هذا علمًا بأن البروكولى المبرد بأى من طريقتى الماء البارد أو إضافة الثلج احتفظ بلونه وصلابته بصورة أفضل من المبرد بطريقة الغرفة. وأدى تبريد البروكولى مبدئيًا بالماء المثلج ثم تعبئته فى أغشية مثقبة إلى تقليل فقده للرطوبة وزيادة احتفاظه بلونه وصلابته عن معاملات إضافة الثلج، وتبريد الغرفة، والتبريد المبدئى باستعمال الماء المثلج ولكن بدون تغليف (Gillies & Toivonen ١٩٩٥).

ولا يحتاج البروكولى إلى خلطة بالثج المجروش أو إلى وضع بدائل الثلج (مثل الـ gel packs) فى الكراتين أثناء التخزين والشحن، بشرط تبريده أوليًا بشكل جيد، مع المحافظة على سلسلة التبريد بعد ذلك (Klieber وآخرون ١٩٩٣)

معاملات يعطاها البروكولى لزيادة قدرته على التخزين

إن من بين أهم المعاملات التى يعطاها البروكولى – بعد الحصاد – لزيادة احتفاظه بجودته وقدرته على التخزين، ما يلى:

المعاملة بالحرارة

○ أدى غمس البروكولى فى الماء الساخن على ٤٥°م لمدة ١٤ دقيقة إلى تأخير الاصفرار بمقدار يومين إلى ثلاثة أيام على ٢٠°م، وإلى إبطاء فقد البروتينات الذائبة وحامض الأسكوربيك، وتقليل سرعة التنفس ومعدل إنتاج الإثيلين (عن Forney ١٩٩٥).

○ كذلك أدى غمس البروكولى فى الماء الساخن على ٤٢°م إلى تأخير الاصفرار بنحو يوم أو يومين، بينما أدى غمسه على حرارة ٤٥، أو ٤٨، أو ٥٠، أو ٥٢°م إلى منع الاصفرار لمدة لم تقل عن سبعة أيام كذلك أدى الغمر فى الماء الساخن إلى تقليل الإصابة بالأعفان على ٢٠°م، وكان الغمر على ٥٠ أو ٥٢°م لمدة دقيقتين أكثر المعاملات فاعلية فى مكافحة الإصابة بالعفن ولم تختلف نوعية البروكولى فى معاملتى الكنترول والنقع فى الماء الساخن وذلك بعد ثمانية أيام من التخزين على الصفر المئوى وكانت أفضل معاملات الغمر فى الماء الساخن هى الغمر على حرارة ٥٠°م لمدة دقيقتين، حيث كانت أكثر المعاملات كفاءة فى تقليل الاصفرار والعفن، فى الوقت الذى لم تؤدى فيه إلى تكوين روائح غير مرغوب فيها أو تسرع من الفقد فى الوزن (Forney ١٩٩٥)

○ كما وجد أن غمر البروكولى – بعد الحصاد مباشرة – فى الماء الساخن على ٤٧°م لمدة ٧,٥ دقيقة – قبل تخزينه لمدة ٥ أيام على ٢٠°م – أعطى أفضل نتيجة فيما يتعلق بتقليل الاصفرار (Tian وآخرون ١٩٩٦)

○ ومقارنة بمعاملة الكنترول فإن غمر البروكولى فى الماء على حرارة ٤٥°م أدى إلى تأخير الاصفرار، وخفض سرعة التنفس ومعدل إنتاج الإثيلين، ولكن لفترة محدودة استمرت لمدة ٢٤ ساعة بالنسبة لإنتاج الإثيلين، ولمدة ٤٨ ساعة بالنسبة للتنفس (فى الظلام على ٢٠°م) عادت بعدها سرعتا التنفس وإنتاج الإثيلين مثلما فى الكنترول وبالمقارنة لم تحدث تلك العودة إلى معدل التنفس أو إنتاج الإثيلين العاديين عندما كان الغمر فى الماء الساخن على ٤٧°م وقد أحدث الغمر على ٤٧°م لمدة ٧,٥ دقيقة نقصًا شديدًا فى تنفس الأزهار، وفى محتواها من النشا، والسكروز، والبروتين الذائب خلال العشرة ساعات إلى الأربع وعشرين ساعة الأولى بعد

الحصاد، ولكن سبق ذلك زيادة كبيرة في محتوى البراعم من السكروز (Tian وآخرون ١٩٩٧).

● وقد أدى غمر رؤوس البروكولى فى ماء ساخن على حرارة ٤٥°م لمدة ١٠، أو ١٥، أو ٢٠ دقيقة، أو على حرارة ٥٢°م لمدة دقيقة واحدة، أو دقيقتين، أو ثلاث دقائق إلى منع اصفرار البراعم. هذا .. إلاّ أن المعاملة بحرارة ٥٢°م لمدة ٣ دقائق أسرعت تكوين الروائح غير المرغوبة، وأحدثت أضرارًا ظاهرة بالبراعم الزهرية ولقد زادت معاملات الغمر فى الماء الساخن من إنتاج المركبات المتطايرة التالية:

enthanol	1-propanol
1-hexanol	cis-3-hexen-1-ol
hexy acetate	cis-3-hexenyl acetate
dimethy sulfide	dimethyl disulfide
dimethyl trisulfide	methyl thiocyanate

● ويمكن التعرف على أضرار معاملة الغمر فى الماء على حرارة ٥٢°م لمدة ٣ دقائق — بعد ساعتين من المعاملة — بوجود زيادة مقدارها ٣٧٠ ضعفًا فى إنتاج الإيثانول، وأخرى مقدارها ٢٧ ضعفًا فى إنتاج المركب cis-3-hexen-1-ol. وفى هذه الدراسة كانت المركبات cis-3-hexen-1-ol، و dimethyl trisulfide، و dimethyl disulfide هى المسئولة عن الرائحة الكريهة التى أعقبت معاملة الغمر فى الماء على حرارة ٥٢°م لمدة ٣ دقائق (Forney & Jordan ١٩٩٨)

● أدت معاملة البروكولى بالحرارة على ٥٠°م لمدة ساعة قبل تخزينها على ١٥°م إلى خفض تحلل الكلوروفيل بسبب تثبيط المعاملة للإنزيمات المحللة للكلوروفيل (Funamoto وآخرون ٢٠٠٢).

● أدت معاملة البروكولى بالحرارة العالية قبل التخزين إلى تثبيط التعبير عن الجينات التى تشفر لتمثيل الإثيلين (Suzuki وآخرون ٢٠٠٥)

● أدت معاملة البروكولى بالحرارة (هواء على ٤٨°م) لمدة ثلاث ساعات مع التعريض

للأشعة UV-C بجرعة ٨ كيلوجول/م٢ قبل تخزينها فى الظلام على ٢٠°م إلى المحافظة على لونها الأخضر وخصائصها الأكلية، حيث انخفض فيه تحلل الكلوروفيل، واحتفظت بمحتواها من البروتين بصورة أفضل مما فى معاملة الكنترول (Lemoine وآخرون ٢٠٠٨).

o أدت معاملة البروكولى بالهواء الحار على ٤٨°م لمدة ٣ ساعات قبل تخزينه على الصفر المئوى إلى تأخير اصفراره، حيث ازداد محتواه من الكلوروفيل – بعد ٢١ يومًا من التخزين – بمقدار ٤٠٪ عن المحتوى فى الكنترول ولم تؤثر المعاملة على الفقد فى الوزن أو النشاط التنفسى، ولكنها حدَّت من التسرب الأيونى؛ بما يعنى أن المعاملة حافظت على سلامة الأنسجة وقد أدت المعاملة الحرارية إلى خفض المحتوى الفينولى وقدرة تضادية الأكسدة خلال الأسبوعين الأول والثانى من التخزين، ولكنها ازدادت بعد أسبوع آخر ووصلت إلى قيم مماثلة للقيم فى معاملة الكنترول. هذا وقد احتوى البروكولى المعامل بالحرارة على مستويات أعلى من كل من السكريات والبروتينات الذائبة – بعد ثلاثة أسابيع من التخزين – عما فى معاملة الكنترول (Lemoine وآخرون ٢٠٠٩).

المعاملة بالأشعة فوق البنفسجية

عندما عُومل البروكولى الطازج المجهز للاستهلاك minimally processed بالأشعة الـ UV-C (بجرعة ٨ كيلوجول/م٢ $8\ kJ\ m^{-2}$)، ثم خُزِّن لمدة ٢١ يومًا على حرارة ٤°م، أدت معاملة الأشعة إلى تأخير الاصفرار وتحلل الكلوروفيل أثناء التخزين. وأظهرت زهيرات florets البروكولى المعامل درجة أقل من التسرب الأيونى والنشاط التنفسى، مع زيادة فى محتواها الفينولى ومن حامض الأسكوربيك، وكذلك زيادة فى نشاطها المضاد للأكسدة، وفى محتواها من السكريات الذائبة. كما أثرت المعاملة سلبيًا على أعداد البكتيريا والفطريات المسببة للأعفان ويعنى ذلك أن المعاملة بالـ UV-C تحفظ البروكولى المجهز جزئيًا والمخزن على ٤°م من التدهور والنمو الميكروبى وتحفظ له قيمته الغذائية (Lemoine وآخرون ٢٠٠٧)

وقد أفاد تعريض البروكولى لجرعة مقدارها ٨,٨ كيلو جول kJ – لكل متر مربع – من الأشعة فوق البنفسجية بى UV-B أثناء التخزين على ١٥°م فى تأخير اصفرار الزهيرات وتحلل الكلوروفيل، وبالتالى المحافظة على لونها الأخضر أثناء التخزين (Aiamla-or ٢٠٠٩).

التبخير بالإيثانول (الكحول الإثيلى)

أدى تعريض رؤوس البروكولى لأبخرة الكحول الإثيلى بتركيز ٥٠٠ أو ١٠٠ أو ٢٥٠٠ جزءًا فى المليون (± ١٠٪–١٥٪) إلى احتفاظها بلونها الأخضر بدرجة أكبر مما حدث فى الكنترول، وذلك بعد ٦ أيام من التخزين على حرارة ١٣°م ورطوبة نسبية ١٠٠٪. وأدت المعاملة – تحت هذه الظروف – إلى خفض الإصابات المرضية – فى نهاية فترة التخزين – إلى ٦ ٢٨٪، و ٢٥,٠٪، وصفر ٪ فى معاملات تركيزات الكحول الإثيلى الثلاث، على التوالى. كذلك أدت المعاملة بأبخرة الإيثانول إلى تقليل الفقد فى الوزن، إلا أنها ساعدت فى تكوين روائح كريهة، ربما بسبب تراكم الإيثانول والأسيتالدهيد بالأنسجة وقد استخلص من هذه الدراسة أن معاملة البروكولى بأبخرة الإيثانول قبل تخزينه فى حرارة معتدلة (١٣°م) يزيد من قدرته التخزينية (Corcuff وآخرون ١٩٩٦)

ويستفاد مما تقدم بيانه أن معاملة البروكولى بأبخرة الكحول الإثيلى بعد الحصاد تؤدى إلى تأخير الشيخوخة ومن المعلوم أن المركبات التى تتفاعل مع الأكسجين reactive oxygen species (اختصارًا: ROS) ترتبط بشدة مع جودة المنتجات البستانية بعد الحصاد، وأن دورة الـ ascorbate-glutathione تلعب دورًا حاسمًا فى التحكم فى مستوى الـ ROS وقد وجد أن نشاط الـ ascorbate peroxidase فى البروكولى المعامل بالإيثانول كان ثابتًا أثناء التخزين، بينما انخفض النشاط فى البروكولى غير المعامل بصورة خطية تقريبًا كذلك وجد أن نشاط الـ glutathione reductase فى البروكولى المعامل بالإيثانول كان أعلى عما فى الكنترول بعد خمسة أيام من التخزين أما نشاط الـ dehydroascorbate reductase فى البروكولى المعامل بالإيثانول فقد انخفض تدريجيًا

وقد أستنتج أن المعاملة بأبخرة الإيثانول ربما تثبط الانخفاض فى لمواد المختزلة والأنشطة الإنزيمية ذات الصلة بدورة الـ ascorbete-glutathione لخفض الشدّ التأكسدى من خلال التخلص الفعال من فوق أكسيد الأيدروجين، وأن هذا التثبيط ربما يُسهم جزئيًا فى تثبيط الشيخوخة فى البروكولى المعامل بأبخرة الإيثانول (Mori وآخرون ٢٠٠٨)

وقد وجد أن معاملة البروكولى ببخار الإيثانول من مسحوق الكحول أدت إلى إطالة فترة صلاحية التخزين بتثبيطه لإنتاج الإثيلين من خلال منع نشاط الـ ACC oxidase (Suzuki وآخرون ٢٠٠٤)

وقد وجد أن تعرض البروكولى لمصدر خارجى من الإثيلين يُسرع اصفرار الزهيرات ويحفز إنتاج البروكولى ذاته للإثيلين، كما يحفز الكلايمكتيرك التنفسى، وقد ثبطت تلك التأثيرات التى يُحدثها الإثيلين بالمعاملة ببخار الإيثانول، وهى المعاملة التى ثبطت – كذلك – الزيادة فى نشاط الإنزيمات التى تحدث بفعل المعاملة بالإثيلين، وهى إنزيمات

1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC)

ACC oxidase

والإنزيمات التى تُستحث على النشاط بفعل المعاملة بالإثيلين، وهى.

BO-ACO1

BO-ACO2

BO-ACS1

ويعنى ذلك أن معاملة البروكولى ببخار الإيثانول بعد الحصاد يثبط الشيخوخة من خلال تثبيط الاستجابات للإثيلين، وكذلك تثبيط تمثيل الإثيلين (Asoda وآخرون ٢٠٠٨)

كما وجد أن معاملة البروكولى بأبخرة الإيثانول بعد الحصاد تؤدى إلى تأخير

اصفراره؛ بسبب إبطاء المعاملة لعملية تحلل الكلوروفيل. وقد تبين أن المعاملة بأبخرة الإيثانول تثبط التعبير الجينى الخاص بالجينات المتحكمة فى هدم الكلوروفيل، وفى نشاط تلك الإنزيمات، مثل إنزيمات الـ chlorophyllase، والـ Mg-dechelatase، والـ Chl-degrading peroxidase (Fukasawa وآخرون ٢٠١٠)

المعاملة بمضادات الإثيلين AVG، و MCP

وجدأن معاملة نورات البروكولى بالمركب المضاد لتمثيل الإثيلين aminoethoxyvinyl glycine (اختصارًا: AVG) تؤخر اصفرار البراعم (عن Fan & Mattheis ٢٠٠٠)

كذلك أدت معاملة نورات البروكولى بالمركب المضاد لنشاط الإثيلين 1-methylcyclopropene (اختصارًا: MCP) بتركيزات منخفضة تراوحت بين ٠,٠٢، و ١٠ ميكروليتر/لتر لفترات تراوحت بين ساعة واحدة، وست ساعات فى هواء يحتوى على إثيلين بتركيز ٠,١ ميكروليتر/لتر إلى إحداث تأخير معنوى فى بداية اصفرار البراعم على حرارة ٥، و ٢٠°م، وفى سرعة ظهور الأعفان على حرارة ٥°م وقد تأثر مدى التأخير فى بداية الاصفرار بكل من التركيز المستعمل من الـ MCP وحرارة التخزين؛ فمثلاً . عندما كان التخزين على ٢٠°م .. ازدادت فترة صلاحية البروكولى للتخزين بأكثر من ١٠٠٪ عندما كان التعريض للمركب MCP بتركيز ١ ميكروليتر/لتر لمدة ٦ ساعات، بينما كانت الزيادة ٥٠٪ فقط عندما كانت المعاملة لمدة ساعة وعندما كان التخزين على ٥°م كانت المعاملة بالمركب أكثر فاعلية فى زيادة فترة الصلاحية للتخزين، حيث أعطت المعاملة بتركيز ١ ميكروليتر/لتر لمدة ٦ ساعات على حرارة ٢٠°م زيادة مقدارها ٢٥٠٪، مقارنة بزيادة مقدارها ٢٠٠٪ عندما كانت المعاملة على ٥°م (Ku & Wills ١٩٩٩) وفى دراسة أخرى وجد أن اصفرار البروكولى يحدث بفعل الإثيلين، وأن المعاملة بال MCP بتركيز ١ ميكروليتر/لتر لمدة ١٢ ساعة يمنع الاصفرار ويقلل التنفس حتى ولو تعرض البروكولى للإثيلين بصورة دائمة بعد ذلك لمدة ١٢ يومًا على حرارة ١٠°م (Fan & Mattheis ٢٠٠٠)

وقد أدت المعامله بالـ 1-MCP بتركيز ١٢ حجمًا فى المليون (12 ul l) لمدة ١٦ ساعة إلى زيادة فترة صلاحية البروكولى للتخزين على ١٠°م أكثر من ٢٠٪، ولكن تلك المعامله لم تزد فترة صلاحية أوراق الباك شوى (*Brassica rapa* var. *chinensis*) للتخزين تحت نفس الظروف سوى بنسبة ١٠٪–٢٠٪. وكان من الضرورى إجراء تلك المعاملة بعد الحصاد مباشرة كى تكون مؤثرة. وقد وفرت تلك المعاملة – كذلك – حماية للبروكولى والباك شوى من المعاملة – التالية لها – بالإثيلين بتركيز ٠١ إلى ١٠ حجم فى المليون؛ بما يعنى أنها يمكن أن تفيد عند شحنهما مختلطين بغيرهما من المنتجات المنتجة للإثيلين (Able وآخرون ٢٠٠٢)

وفى دراسة أخرى أدت معاملة البروكولى بالـ 1-MCP بتركيز ١ ميكروليتر/لتر لمدة ١٤ ساعة – قبل التخزين على ١٢°م – إلى تأخير اصفرار الزهيرات عما حدث فى زهيرات الكنترول، كما أحدثت المعاملة خفضًا فى تنفس الزهيرات لمدة خمسة أيام، وحافظت على مستوى عالٍ من فلورة الكلوروفيل لمدة ١٢ يومًا من التخزين، وخفضت إنتاج الـ dimethyl trisulfide الذى يُسهم فى تكوين الروائح غير المرغوب فيها فى الزهيرات

ومقارنة بالكنترول فإن الزهيرات التى خزنت على ١٢°م فى ٢٠٠ نانوليتر/لتر من الأوزون أصيبت بالعفن بدرجة أقل واصفرّت بصورة أبطأ، ولكن لم تكن بينهما أى فروق فى التنفس وإنتاج الإثيلين، كذلك كانت الزهيرات التى خزنت فى ٧٠٠ نانوليتر/لتر أكثر اخضرارًا عن أى من تلك التى خزنت فى الهواء أو فى ٢٠٠ نانوليتر/لتر، ولكن فلورة الكلوروفيل فيها انخفضت جوهريًا، حيث كانت القراءة بعد ١٢ يومًا من التخزين ٣٠٪ عما كانت عليه عند البداية. كذلك أدى التخزين فى التركيز المرتفع من الأوزون إلى تحفيز إنتاج الإثيلين والتنفس فى الزهيرات بعد يوم واحد من التخزين، وأحدث أضرارًا فيزيائية تمثلت فى زيادة الفقد فى الوزن وتلون نهاية سيقان الزهيرات بالبنى.

وعمومًا أدت معاملة البروكولى بالـ 1-MCP منفردًا أو مع التخزين فى ٢٠٠

نانوليتر/لتر من الأوزون إلى المحافظة على جودة الزهيرات وزيادة فترة احتفاظها بصلاحيتها للتخزين (Forney وآخرون ٢٠٠٣)

المعاملة بمنظمات النمو

يعتبر فقدان الكلوروفيل من البراعم الزهرية وارتفاع معدل التنفس بها أهم العوامل التى تؤدى إلى سرعة تدهور رؤوس البروكولى أثناء التخزين. وقد وجد أن معاملة الرؤوس بعد الحصاد بالسيتوكينين ABG 3062 (إنتاج Abbott Lab)، ثم تعبئتها فى أكياس بوليثيلين مثقبة وتخزينها فى حرارة ١٦ °م أدت إلى خفض معدل التنفس بنسبة ٥٠٪، ومنع تحلل واختفاء الكلوروفيل، وزيادة القدرة التخزينية للرؤوس بمقدار ٩٠٪ بالمقارنة بالرؤوس غير المعاملة (الكنترول) التى ازداد فيها إنتاج الإثيلين بمقدار ٤٠٪، ونقص محتواها من الكلوروفيل (أ، ب) بنسبة ٦٠٪ (Rushing ١٩٨٨)

كذلك أدت معاملة رؤوس البروكولى المخزنة فى أكياس من البوليثيلين على حرارة ١٦ °م بالسيتوكينينات cytokinins (الزياتين zeatin، والبنزيل أدينين benzyladenine) بتركيز ١٠ أو ٥٠ جزءًا فى المليون إلى خفض معدل التنفس بنسبة ٥٠٪، وإنتاج الإثيلين بنسبة ٤٠٪ خلال الأربعة أيام الأولى من التخزين مقارنة بالكنترول وبينما انخفض المحتوى الكلوروفيلى بنسبة ٦٠٪ فى معاملة الكنترول، فإنه لم يتأثر فى معاملة السيتوكينين التى ازدادت فيها القدرة التخزينية للرؤوس بنسبة ٩٠٪ مقارنة بالكنترول وقد ازداد التأثير بزيادة التركيز المستعمل، وكان البنزيل أدنين أفضل تأثيرًا عن الزياتين (Rushing ١٩٩٠)

هذا ويلعب كل من الإثيلين والبنزيل أدنين دورًا رئيسيًّا فى اصفرار البروكولى بعد الحصاد وقد أدى غمس رؤوس البروكولى فى البنزيل أدنين إلى تحفيز إنتاج الإثيلين، ونقص معدل التنفس، وتأخير اصفرار البراعم، ولم توجد علاقة ثابتة بين معدل الإنتاج الأوّلى للإثيلين، ومعدل اصفرار البراعم (Tian وآخرون ١٩٩٥).

وقد كان اصفرار البراعم الموجودة فى حافة الرأس أسرع من تلك التى توجد فى وسطها وأدت المعاملة بالبنزيل أدنين بتركيز ٢٫٢١ × ١٠^-٤ مولار إلى تأخير بداية تحلل

الكلوروفيل. كذلك يستفاد من تأثير معاملة البراعم بالـ ACC، وبأيون الفضة أن الإثيلين ربما كان له دور في التحكم في تحلل الكلوروفيل. وقد ألغت معاملة السيتوكينين التأثير المحفز للشيخوخة الذى أحدثته معاملة الـ ACC (Clarke وآخرون ١٩٩٤).

كما أدت المعاملة بالبنزيل أدنين بتركيز ٢٠ جزءًا في المليون إلى إبطاء تحلل الكلوروفيل والبروتين، وزيادة نشاط الإنزيمين superoxide dismutase، و catalase، وتقليل محتوى الـ malondialdehyde، وتأخير أكسدة الدهون، وتقليل التسرب الأيوني؛ مما أدى إلى تأخير شيخوخة البراعم (Ye وآخرون ١٩٩٦).

هذا .. إلاَّ أن غمس البراعم الزهرية للبروكولى في البنزيل أدنين بتركيز ٥٠ جزءًا في المليون لمدة ٦٠ ثانية لم يمنع حدوث فقد سريع في السكروز، حيث وصل الفقد خلال الساعات الست الأولى بعد الحصاد إلى حوالى ٥٠٪ في كل من البروكولى المعامل بالسيتوكينين وفى الكنترول. هذا .. إلاَّ أن معاملة منظم النمو أخّرت بنحو ٤٨ ساعة الزيادة الكبيرة في محتوى الأسباراجين والجلوتامين التي حدثت في الكنترول (Downs وآخرون ١٩٩٧).

التخزين المبرد العادى

تؤدى عمليات حصاد وتداول البروكولى إلى تجريحه، وفصله عن مصادر الغذاء والهرمونات، وفقده للرطوبة. وكنسيج غير مكتمل النمو .. فإن البروكولى لا يكون بعد حصاده قادرًا على الاستمرار في المحافظة على حيوية أنسجته بصورة ذاتية؛ مما يؤدى إلى سرعة دخوله في مرحلة الشيخوخة.

ويراعى عند تخزين البروكولى أن أزهاره تستمر في النمو النشط بعد الحصاد؛ مما يجعلها غير صالحة للتسويق. ويعتبر البروكولى من أشد الخضروات حساسية لظروف التخزين السيئة؛ نظرًا لأنه من أكثر الخضروات في معدل التنفس، وهو يتشابه في هذا الشأن مع كل من الأسبرجس، والفاصوليا الخضراء، والذرة السكرية.

لا يخزن البروكولى عادة إلا لفترات قصيرة عند وجود مشاكل في التسويق. وأفضل ظروف لتخزينه، هى: درجة حرارة الصفر المئوى، مع رطوبة نسبية >٩٥٪، والتهوية

الجيدة حول العبوات لمنع تراكم الحرارة، حيث يبقى بحالة جيدة — تحت هذه الظروف — لمدة ١٤–٢١ يومًا، وتحدث بعد ذلك تغيرات في اللون. وتسقط بعض البراعم، وتفقد الأنسجة صلابتها (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨). وتزداد سرعة هذه التحولات عند التخزين في درجة حرارة أعلى من الصفر المئوى؛ حيث لا تزيد فترة التخزين عن ١٠ أيام على ٥°م، وعن ٥ أيام على ١٠°م

وقد وُجِدَ أن فلورة الكلوروفيل في البروكولى تكون مستقلة عن مدى اكتمال نمو الرؤوس؛ مما يعنى إمكان استعمال تلك الخاصية كدليل على الحالة الفسيولوجية للرأس — ومن ثم مدى صلاحيتها للتخزين — دونما اعتبار لمرحلة النمو والتكوين (Toivonen & DeEll ١٩٩٨)

ويجب عدم تخزين البروكولى مع الثمار المنتجة للإثيلين، مثل. الكنتالوب، والتفاح، والكمثرى؛ وذلك لأن هذا الغاز يسرع اصفرار البراعم.

ويعد اصفرار براعم البروكولى — الذى يحدث فى خلال ثلاثة أيام على حرارة الغرفة — نتيجة لإنتاج الإثيلين — أهم مشاكل تخزين المحصول (عن Rangavajhyala وآخرين ١٩٩٨).

كذلك فإن من أهم المشاكل الأخرى التى تظهر عند تخزين البروكولى تفتح البراعم، وصلابة الحوامل النورية. وتكون روائح غير مرغوبة، وحدوث العفن الطرى والأعفان المرضية الأخرى

هذا وتتباين أصناف البروكولى كثيرًا فى قدرتها على التخزين والبقاء بحالة جيدة، ومن أكثرها قدرة الأصناف Galaxy، و Marathon، و Mercedes، و Permium Crop (عن Cantwell & Suslow ٢٠٠٧)

ويتعرض البروكولى للتجمد إذا تعرض لحرارة تقل عن –١°م تبدو المساحات المفككة بعد التجمد داكنة اللون بشفافية، وقد تكتسب لونًا بنيًّا، وتكون شديدة القابلية للإصابة بالتحلل البكتيرى

التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته

○ تزداد فترة احتفاظ البروكولى بجودته – فى حرارة تزيد عن ٥°م – إذا ما خزن فى هواء يحتوى على ١٠٪ ثانى أكسيد الكربون، و ١٪ أكسجين. تؤدى نسبة ثانى أكسيد الكربون المرتفعة إلى تأخير اصفرار الرؤوس وصلابتها، ولكن زيادتها إلى ١٥٪ يترتب عليها تكوين روائح غير مرغوب فيها. ويؤدى خفض نسبة الأكسجين إلى ١٪ إلى تأخير اصفرار الرؤوس، ولكن الانخفاض بنسبته إلى ٠.١٪–٠.٢٥٪ يمكن أن يترتب عليه أضرار شديدة، مع ظهور طعم ورائحة غير مقبولين فى البروكولى عند طهيه.

○ وأظهرت دراسات Makhlouf وآخرون (١٩٨٩) أن فقد الكلوروفيل من نورات البروكولى المخزنة قلّت حدته عندما كان التخزين فى جو متحكم فى مكوناته يحتوى على تركيز عال من ثانى أكسيد الكربون، كما ساعدت تلك الظروف – كذلك – فى خفض شدة الإصابة بالعفن الطرى والإصابات المرضية الأخرى. هذا .. إلاّ إنه بعد ستة أسابيع من التخزين فى جو يحتوى على ١٠٪ أو أكثر من ثانى أكسيد الكربون ازداد معدل التنفس، وتكونت روائح غير مرغوب فيها، وحدثت أضرار فسيولوجية. وكانت أفضل الظروف لتخزين البروكولى على ١°م هى جو يحتوى على ٦٪ ثانى أكسيد كربون، و ٢.٥٪ أكسجين، حيث احتفظت الرؤوس بجودتها لمدة ثلاثة أسابيع على الأقل دون أن تظهر بها أية أضرار فسيولوجية.

○ وقد ساعد تخزين البروكولى فى هواء تقل فيه نسبة الأكسجين وتزيد نسبة ثانى أكسيد الكربون إلى زيادة احتفاظ المنتج بلونه فى حرارة ١٠°م، ولكنها لم تكن مؤثرة فى حرارة صفر أو ٥°م. وبينما أدت ظروف الأكسجين المنخفض وثانى أكسيد الكربون المرتفع إلى تقليل التلون البنى والإصابة بالعفن الطرى، فقد تكونت رائحة كريهة عندما كان تركيز الأكسجين ٠.٢٥٪ أيًا كانت حرارة التخزين، أو ٠.٥٪ فى حرارة ١٠°م. وقد كانت أفضل الظروف للتخزين هى ٠.٥٪ أكسجين + ١٠٪ ثانى أكسيد كربون على حرارة صفر أو ٥°م، و ١٪ أكسجين + ١٠٪ ثانى أكسيد كربون على حرارة ١٠°م (Izumi وآخرون ١٩٩٦).

○ وأوصى Saltveit (١٩٧٧) بتخزين وشحن البروكولى على حرارة صفر إلى ٥°م فى هواء يحتوى على ١٪–٢٪ أكسجين، و ٥٪–١٠٪ ثانى أكسيد الكربون، علمًا بأن تلك التوصيات تطبق بالفعل فى الولايات المتحدة على نطاق واسع هذا إلاّ أن أى ارتفاع فى حرارة الشحن أو التخزين عن ٥°م يؤدى إلى ظهور روائح غير مرغوب فيها

● وقد قام Ishikawa وآخرون (١٩٩٨) بدراسة التغيرات التى تحدث فى بعض مكونات البروكولى لدى تخزينه فى جو متحكم فى مكوناته، والذى تراوحت فيه نسبة الأكسجين بين صفر ٪، و ١٠٪، ونسبة ثانى أكسيد الكربون بين ٢٪، و ٢٠٪ وقد أوضحت الدراسة أن تركيز الجلوتاثيون glutathione انخفض فى التركيزات المنخفضة من الأكسجين، بينما انخفض المحتوى الكلوروفيللى، وتركيز حامض الأسكوربيك جوهريًّ فى الهواء الذى احتوى على تركيز مرتفع من الأكسجين وتركيز منخفض من ثانى أكسيد الكربون وكانت أنسب الظروف للمحافظة على الصبغات، وحامض الأسكوربيك، والجلوتاثيون هى التخزين فى هواء يحتوى على ٢٪ أكسجين مع ٤٪–١٠٪ ثانى أكسيد كربون. وقد أمكن تحقيق هذا الهدف — بالحصول على جو معدل يحتوى على ٢٪ أكسجين، و ٥٪ ثانى أكسيد كربون — بالتعبئة فى أغشية ذات معدل نفاذية يومى مقداره ١٠٠٠ مل أكسجين/ضغط جوى.

● وأدى تخزين البروكولى فى تركيز منخفض من الأكسجين (٠,١٢٥٪ إلى ٠,٥٪)، أو تركيز مرتفع من ثانى أكسيد الكربون (٢٠٪ ثانى أكسيد كربون)، أو بالمعاملتين معًا إلى تأخير اصفرار الزهيرات على ١٠°م عما فى معاملة الكنترول وقد ازداد تركيز الأسيتالدهيد والإيثانول مع انخفاض تركيز الأكسجين، سواء أكان ذلك مع زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون أم بدون تلك الزيادة هذا إلا أن تهوية البروكولى لمدة يومين خفضت من تركيز الأسيتالدهيد والإيثانول (Hansen وآخرون ٢٠٠١).

التخزين فى الجو المعدل

○ أدى تخزين البروكولى فى عبوات من أغشية شبه منفذة للغازات إلى تكون جو

معدل modified atmosphere بداخلها ساعد فى زيادة محتوى المنتج من كل من الكلوروفيل والأحماض الدهنية غير المشبعة (C-18 PUFA) بعد ٩٦ ساعة من التخزين مقارنة بالقيم الأولية، هذا بينما انخفض محتوى المنتج غير المعبأ فى كل من الكلوروفيل والأحماض الدهنية غير المشبعة والبروتين الذائب أما فى العبوات المهواه vent packages فقد بقى فيها المحتوى الكلوروفيللى ثابتًا تقريبًا، بينما انخفض فيها محتوى المنتج من الأحماض الدهنية غير المشبعة والبروتين الذائب (Zhuang وآخرون ١٩٩٤) وقد بدا واضحًا وجود علاقة طردية بين أكسدة الدهون وشيخوخة براعم البروكولى، وأن ارتفاع درجة حرارة التخزين من ٢ إلى ٢٣°م يسرع كلا من أكسدة الدهون وشيخوخة البراعم (Zhuang وآخرون ١٩٩٥)

○ وقد حافظ التغليف فى تلك الأغشية المُحْوِرَة لمكونات هواء العبوة modified atmosphere packaging – مقارنة بالأغشية المثقبة للتهوية، والتعريض المتقطع للرذاذ الدقيق automatic misting – حفظ بصورة أفضل على محتوى المنتج من كل من الكاروتين الكلى وحامض الأسكوربيك خلال فترة ٦ أيام على ٥°م، مقارنة بفقد – فى المعاملات الأخرى – تراوح بين ٤٢٪، و ٥٧٪ فى الكاروتينات الكلية، وبين ١٤ ، و ٤٦٪ فى حامض الأسكوربيك كذلك حافظت تلك الأغشية على اللون والمحتوى الرطوبى للبروكولى بصورة أفضل (Barth & Zhuang ١٩٩٦)

○ كذلك فإن كلا من أغشية البوليثيلين القليل الكثافة بسمك ١٥ ميكرون، وأغشية البولى مثيل بنتين polymethylpentene بسمك ٣٤ ميكرون كانتا أفضل الأغشية – من عشرة أنواع تم اختبارها – لحفظ نوعية البروكولى المخزن بحالة جيدة ولقد حافظ هذان الغشاءان على جو معدل احتوى على ٢٪–٥٪ أكسجين، و ٣٪–٦٪ ثانى أكسيد كربون بداخل العبوات، كما ثبطا اصفرار البراعم وتكوين الروائح الكريهة، وقللا من فقد حامض الأسكوربيك (Nakanishi وآخرون ١٩٩٦)

○ وأمكن حفظ البروكولى لمدة ٨ أيام بحالة صالحة للتسويق بتعبئته فى غشاء من البوليثيلين بسمك ٣٠ ميكرون ثم تخزينه على ١٠°م (Yamashita وآخرون ١٩٩٣)

• كذلك وجد أنه فى خلال ٢٤ ساعة من تعبئة البروكولى فى عبوات المستهلك على حرارة ٢٠°م ورطوبة نسبية ٦٠٪ انخفض تركيز الأكسجين إلى ٢،٥٪، بينما ارتفع تركيز ثانى أكسيد الكربون إلى ٨٪، وبقيت تلك النسب ثابتة تقريبًا لمدة ٩٦ ساعة وقد أدت تعبئة البروكولى تحت تلك الظروف لمدة ٩٦ ساعة — مقارنة بتخزينه فى الهواء العادى — إلى تقليل الفقد فى حامض الأسكوربيك، والرطوبة، وخفض نشاط إنزيم البيروكسديز، وتقليل فقد الكلوروفيل (Barth وآخرون ١٩٩٣)

• وتستعمل فى تعبئة البروكولى عدة أنواع من تلك الأغشية التى تسمح بتعديل الجو الداخلى للعبوة فى خلال ساعات قليلة (نتيجة لاستهلاك الأكسجين بالتنفس وإنطلاق ثانى أكسيد الكربون) تعرف باسم modified atmosphere packages (اختصارًا MAP)، ومن أمثلتها أغشية Cryovac، التى يتوفر منها عدة أنواع وقد وُجد أن النوع Cryovac PD941 كان أفضلها لتخزين البروكولى، حيث احتفظ بجودته العالية لمدة لا تقل عن أربعة أسابيع فى حرارة الصفر المئوى. وبالمقارنة كان النوعان Cryovac B900، و Cryovac PD961EZ، أقل كفاءة حيث لم يكونا منفذين للغازات بالقدر الكافى الذى يلزم لتعويض النقص الحاد فى الأكسجين الذى حدث نتيجة لتنفس البروكولى؛ مما أدى إلى تكوين روائح منفرة، وخاصة فى الحرارة الأعلى عن الصفر (Cabezas & Richardson ١٩٩٧)

• وعندما كان تخزين البروكولى لمدة ٣ أيام فقط على ١°م فإن أيًّا من التبريد الأوّلى بالماء المثلج أو التغليف بأغشية ذات ثقوب دقيقة كان كافيًا للمحافظة على صلابة وجودة المنتج على حرارة ١٣°م — بعد ذلك — خلال فترة العرض للبيع. هذا إلا أن التخزين لمدة ١٠ أو ١٧ يومًا تطلب الجمع بين التبريد الأوّلى والتغليف للمحافظة على جودة المنتج. وقد كان الاصفرار خلال خمسة أيام على ١٣°م أشدّ فى البروكولى الذى كان قد سبق تخزينه على ١°م لمدة ٣ أيام عما فى المنتج الذى خُزِّن لمدة ١٠ أو ١٧ يومًا على ١٣°م (Toivonen ١٩٩٧)

• هذا إلا أن التعبئة فى أغشية لا تسمح بسرعة تبادل الغازات بشكل كاف أدت

إلى إحداث نقص كبير فى تركيز الأكسجين وزيادة مقابلة فى تركيز ثانى أكسيد الكربون، وهى ظروف ساعدت على إنتاج الأسيتالدهيد، والكحول الإثيلى، وحامض الخليك، وجميعها مركبات تضفى على البروكولى طعمًا غير مرغوب فيه (Chachin وآخرون ١٩٩٩).

• ولذا يفضل – دائمًا – أن تسمح الـ MAP بتوازن لهواء العبوة يحتوى على ١٠٪ من كل من الأكسجين وثانى أكسيد الكربون (عن Cantwell & Suslow ٢٠٠٧).

• وكان قد وجد أن خفض معدل التهوية بما يسمح بزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون إلى ١٨٪ وخفض تركيز الأكسجين إلى ١٪ على ٢,٥°م يؤدى إلى تكوين روائح غير مرغوب فيها فى البروكولى، إلا أن زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون مع التهوية العادية على ٢,٥°م يثبط اصفرار الزهيرات دون التأثير على الرائحة إلا بعد ١٧ يومًا من التخزين، حيث تكونت رائحة ضعيفة غير مرغوب فيها، اختفت بعد يومين من حفظ البروكولى فى الهواء على ٥°م (Kasmire وآخرون ١٩٧٤).

• وقد وجد أنه يمكن الاعتماد على خاصية فلورة الكلوروفيل chlorophyll fluorescence كطريقة سهلة وسريعة ودقيقة للدلالة على جودة البروكولى المعبأ فى الأغشية التى يزداد فيها تركيز ثانى أكسيد الكربون ويقل تركيز الأكسجين بعد فترة قصيرة من تعبئتها، كما يمكن الاستفادة منها فى تحديد ما إذا كان البروكولى قد أفرز روائح غير مقبولة أم لا دون فتح العبوة أو إتلاف محتوياتها، علمًا بأن شدة فلورة الكلوروفيل تضعف مع شيخوخة البراعم وفقدها للونها الأخضر وزيادة معدل تنفسها (DeEll & Toivonen ١٩٩٩، ٢٠٠٠).

• وأوضحت الدراسات وجود علاقة بين التغيرات فى مستوى فلورة الكلوروفيل فى البروكولى وتراكم ثانى أكسيد الكربون فى العبوات المعدَّلة للهواء modified atmosphere packages أثناء التخزين.

• وقد استخدم Toivonen & DeEll (٢٠٠١) أكياس تعبئة من النوع PD-961EZ

التى تسمح لثانى أكسيد الكربون بالتراكم حتى حوالى ١١ كيلو باسكال (١١٪) وخلال ٢٨ يومًا من التخزين فى هذه العبوات على ١°م تكون بالبروكولى تدريجيًا مستويات بسيطة إلى متوسطة من روائح كحولية، وتراكم بأنسجته الإيثانول، والأسيتالدهيد، وخلات الإيثايل، وقد انخفضت مستويات تلك الروائح والمركبات قليلاً لدى فتح العبوات وحفظ البروكولى فى الهواء على ١°م لمدة ٤ أيام كذلك انخفضت قياسات فلورة الكلوروفيل مع تراكم تلك المركبات فى الظروف اللاهوائية، ثم ارتفعت القياسات إلى مستواها الأولى بعد فتح العبوات وإبقاء البروكولى فى الهواء على ١°م لمدة ٤ أيام. ووجد أن قياسات فلورة الكلوروفيل ترتبط بدرجة عالية بإنتاج البروكولى من تلك المركبات خلال فترة التخزين فى الظروف اللاهوائية وبعد فتح تلك العبوات، وكذلك مع الروائح غير المرغوب فيها التى ظهرت بالبروكولى المخزن فى تلك الظروف لفترة طويلة

● أدت تعبئة البروكولى فى الـ MAP إلى إطالة فترة احتفاظه بجودته سواء أكان تخزينه على ٤، أم ٢٠°م. وقد قللت المعاملة من الانخفاض الذى يحدث بعد الحصاد فى تركيز مختلف الجلوكوسينولات خلال فترة ٢٤ يومًا من التخزين على ٤°م أو ٥ أيام على ٢٠°م وقد حافظ البروكولى المعبأ فى الـ MAP على مظهره ومحتواه من الجلوكوسينولات لمدة ١٣ يومًا على ٤°م ولمدة ثلاثة أيام على ٢٠°م (Jia وآخرون ٢٠٠٨).

التغيرات الفسيولوجية التالية للحصاد

● صاحب تخزين البروكولى على ٢٠°م فى الظلام تغيرات كبيرة فى محتواه من مختلف المركبات الكيميائية خلال الأربعة أيام الأولى من التخزين، ففى خلال الساعات الست الأولى حدث فقد كبير فى السكريات والأحماض العضوية والبروتين من كل أجزاء الرأس وبين ١٢، و ٩٦ ساعة من بداية التخزين ازدادت الأحماض الأمينية الكلية، وخاصة الجلوتامين والأسباراجين، بينما تراكمت الأمونيا فى الأجزاء الزهرية من الرأس (King & Morris ١٩٩٤ ب)

ه كما صاحب تخزين البروكولى على ٤°م ثباتًا فى محتوى المنتج من كل من حامض الأسكوربيك والبيتا كاروتين، والكلوروفيل، ولكن المحتوى الكلوروفيللى ازداد فى الضوء وبالمقارنة صاحب التخزين على ٢٠°م نقصًا فى محتوى النتج من كل من حامض الأسكوربيك والكلوروفيل، بينما تبقى البيتا كاروتين ثابتًا (Paradis وآخرون ١٩٩٥)

ه وفى خلال ٦ ساعات بعد الحصاد انخفض تركيز السكروز فى البراعم الزهرية للبروكولى بنحو ٥٠٪، بينما ازداد تركيز الأسباراجين ٧ مرات بين ٢٤، و ٧٢ ساعة بعد الحصاد وتوافق ازدياد تركيز الأسباراجين مع حدوث زيادة مبكرة فى نشاط الإنزيم asparagine synthetase (أو aspartate-ammonia ligase) (Downs & Somerfield ١٩٩٧)

ه ويعتقد بأن الـ acid invertase قد يكون أحد الإنزيمات الرئيسية التى تؤدى إلى خفض محتوى السكروز الذى يصاحب التدهور السريع للبروكولى بعد الحصاد (Coupe وآخرون ٢٠٠٣)

ه وأظهر تزويد البروكولى بالسكروز بعد الحصاد بعدة ساعات – من خلال تيار الماء المتص والمفقود بالنتح (بغمر قواعد الفروع النورية فى محلول سكرى) – بهدف زيادة كمية السكروز المتوفرة للتنفس، وتحديد تأثير ذلك على قدرة البروكولى على التخزين بحالة جيدة على ٢٠°م – أظهر أن محلول سكروز بتركيز ٨٪ (وزن/حجم) كان كافيًّا لمدّ أنسجة البروكولى بالمادة اللازمة للتنفس، إلاَّ أن معدل التنفس مع الوقت – بعد الحصاد – لم يتأثر بإمدادات السكر، وبدأت البراعم فى الاصفرار بعد يومين وعندما تم التزويد بالسكروز بعد الحصاد مباشرة حدث تأخير فى الاصفرار وبينما أدت المعاملة بالبنزيل أدنين بتركيز ٥٠ جزءًا فى المليون إلى تأخير الاصفرار فإنها لم تكن مؤثرة على تركيز السكروز بالنورات بعد ٥ ٤ يومًا وبدا أن الشيخوخة – ومن ثم الاصفرار – تصاحب النقص الذى يحدث فى مستوى السكروز بعد الحصاد. وأن البنزيل أدنين يؤخر الاتجاه نحو الشيخوخة (Irving & Joyce ١٩٩٥)

○ وبينما كان الفقد في الكلوروفيل في معظم أصناف البروكولى محدودًا بعد خمسة أسابيع من التخزين البارد على ١°م + يومين على ٢٠°م، فقد استهلكت السكريات سريعًا أثناء التخزين البارد، وخاصة السكروز وكان استهلاكها كاملاً بعد ١٠ أسابيع من التخزين على ١°م، بينما كان الفقد في البروتين الكلى خلال تلك الفترة ٢٠٪ فقط (Pogson & Morris ١٩٩٧).

● وقد وُجد أن محتوى براعم البروكولى من الكلوروفيل (أ، ب) انخفض عند التخزين في الهواء، وازدادت سرعة هذا الانخفاض لدى المعاملة بالإثيلين، بينما ثبطت السرعة عند التخزين في الجو المتحكم في مكوناته. وبينما انخفض كذلك محتوى الزانثوفيللات xanthophylls مع التخزين فإن صبغات جديدة — أُقترح أنها esterified xanthophylls — تكونت مع اصفرار البراعم (Yamaguchi & Watada ١٩٩٨).

● وتختلف أصناف البروكولى في سرعة اصفرار براعمها؛ ففي حرارة ١٣°م احتفظ الصنف Greenbelt بالكلوروفيل لمدة ٤ أيام، بينما تدهور محتوى الصنف Emperor من الكلوروفيل بوضوح خلال تلك الفترة. وقد كان نشاط كلا من Superoxide dismutase، و Peroxidase أعلى بمقدار ٣٠٪ في Greenbelt عما في Emperor. ويبدو أن الحماية ضد الأكسدة التي وفرتها هذين الإنزيمين كانت عاملاً هامًا في الاحتفاظ باللون الأخضر (Toivonen & Sweeney ١٩٩٨).

● ويصاحب اصفرار البراعم فقد البلاستيدات الخضراء لشكلها المميز، حيث تصبح غير واضحة المعالم ويبهت لونها تدريجيًا أثناء شيخوخة البراعم (Terai وآخرون ٢٠٠٠).

● وقد صاحب تخزين البروكولى صنف Piracicaba Precoce على حرارة ٢٥°م ورطوبة نسبية ٩٦٪ في الظلام التغيرات التالية:

١- أظهرت النورة الزهرية فقدًا في صلابتها عندما وصل الفقد في الوزن إلى ٥٪؛ الأمر الذي حدث بعد الحصاد بنحو ٤٨ ساعة.

٢– ظل المحتوى الكلوروفيللى ثابتًا لمدة ٢٤ ساعة بعد الحصا، وبعدها حدث له تحلل شديد

٣– ظهر الاصفرار الكامل للبراعم بعد ٧٢ ساعة من الحصاد؛ الأمر الذى تزامن مع انخفاض مستوى الكلوروفيل إلى ٣٠٪ من مستواه الابتدائى عند الحصاد

٤– ازداد نشاط إنزيم البيروكسيديز بمقدار ١,٤ ضعفًا خلال الساعات الست الأولى بعد الحصاد. ثم انخفض إلى أدنى مستوى له بعد حوالى ٢٤ ساعة من الحصاد. وبعد ذلك ازداد نشاطه بصورة مستمرة حتى مرور ٧٢ ساعة من الحصاد

٥– انخفض مستوى التنفس بعد ٢٤ ساعة من الحصاد بمقدار ٥٠٪، ولكن ظل معدل التنفس ثابتًا فى البراعم، ولكن عند مستوى أقل من مستواه الذى كان عليه عند الحصاد

٦– حدثت انخفاضات حادة فى محتوى البراعم الزهرية من النشا والسكريات المختزلة فى خلال ٢٤ ساعة بعد الحصاد، واستمرت الانخفاضات بعد ذلك ولكن بمعدلات أقل (Finger وآخرون ١٩٩٩)

○ ولقد ازداد إنتاج الإثيلين من رؤوس صنف البروكولى شوجن Shogun المخزنة على ٢٠°م فى الظلام مع اصفرار سبلات البراعم وأدت إزالة الأعضاء الجنسية للبراعم (الطلع والمتاع) إلى تقليل معدل اصفرار السبلات وقد أظهرت تلك الأعضاء زيادة فى نشاط إنزيم ACC oxidase بمقدار ٧ أمثال، وفى إنتاج الإثيلين بمقدار الضعف عما فى الأنسجة الأخرى للأجزاء النورية (Tian وآخرون ١٩٩٤)

○ وبالمقارنة لم يجد King & Morris (١٩٩٤أ) علاقة ثابتة بين إنتاج الإثيلين واصفرار سبلات البراعم، إلا أن وقت بداية الاصفرار ارتبط بصورة عامة بالمستوى الذى بدأ به إنتاج الإثيلين

○ واتضح من دراسات Kasai وآخرين (١٩٩٦) أن إنتاج الإثيلين بواسطة رؤوس البروكولى يلعب دورًا فى شيخوخة البراعم، وينظم فى الوقت ذاته نشاط الإنزيم ACC oxidase

○ وازداد إنتاج الإثيلين من البراعم الزهرية للبروكولى أثناء تخزينها على ٢٠°م ومع دخول البراعم مرحلة الشيخوخة ازداد – كذلك – بشدة نشاط إنزيم ACC oxidase إلى أن وصل إلى أعلى مستوى له ثم انخفض، الأمر الذى توازى مع معدل إنتاج الإثيلين (Kasai وآخرون ١٩٩٨).

● وقد تأكد أن شيخوخة البراعم الزهرية فى البروكولى ترتبط بزيادة فى إنتاج الإثيلين، ترتبط – بدورها – بزيادة مماثلة فى نشاط الإنزيم ACC oxidase (Hyodo وآخرون ١٩٩٥، و Kasai وآخرون ١٩٩٨).

● ومن المعتقد أن الإثيلين يلعب دورًا هامًّا فى اصفرار سبلات البراعم الزهرية للبروكولى بعد حصاده. ويتضمن تمثيل الإثيلين فعل الإنزيمين. 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase (اختصارًا ACC synthase) الذى يقوم بتحويل المركب S-adenosyl methionine إلى ACC، و ACC oxidase، الذى يقوم بتحويل الـ ACC إلى إثيلين. ويمكن تثبيط الإثيلين باستعمال antisense RNA لأى من هذين الإنزيمين.

● وقد درس Henzi وآخرون (٢٠٠٠) ١٢ سلالة بروكولى محولة وراثيًّا وتحتوى على جين الطماطم antisense ACC oxidase، وذلك من ثلاثة أصناف، هى: Shogun، و Green Beauty، و Dominator ومن بين هذه السلالات كانت ثلاث منها (هى: Gy/7، و D/1، و D/2) ذات صفات جودة مناسبة. وقد كان إنتاج الإثيلين من سيقان (حوامل النورات) ٤ سلالات محولة وراثيًّا من الصنف Green Beauty أقل جوهريًّا من الصنف الأصلى بعد ٤٨ ساعة من الحصاد. كذلك أظهرت سلالتا الصنف Dominator (D/1، و D/2) تحسنًا جوهريًّا فى لون الرأس مقارنة بالصنف الأصلى بعد ٤٨ ساعة من الحصاد. ويستفاد من هذه الدراسة أن شيخوخة البروكولى ترتبط بنظامين إنزيميين، يعطى كل منهما زيادة كبيرة فى إنتاج الإثيلين، وأن جين الـ antisense ACC oxidase المستعمل ثبط الزيادة الكبيرة الثانية.

● وقد أدت معاملة البروكولى – المخزن على ٢٥°م – بالإثيلين إلى إسراع فقده

للكلوروفيل، وازداد التأثير بزيادة تركيز الإثيلين حتى ١٠٠ جزء في المليون من هواء المخزن، ولكن تأثير الإثيلين انخفض بشدة عندما كان التخزين في ١°م كذلك أسرعت معاملة الإثيلين من الوصول إلى الكلايمكترك التنفسي (Makhlouf وآخرون ١٩٩١)

٥ كذلك أحدثت معاملة البراعم الزهرية بالمثيل جاسمونيت methyl jasmonate بتركيز ١ مللي مولار زيادة جوهرية في إنتاج الإثيلين ونشاط إنزيم الـ ACC oxidase، وتدهور الكلوروفيل خلال مرحلة الشيخوخة (Watanabe وآخرون ٢٠٠٠)

تطور تكوين النكهة والطعم الكريهين أثناء التخزين

٥ يؤدي تجريح أو تقطيع البروكولي إلى تكوين الميثان ثيول methanethiol، وهو مركب يكسب البروكولي رائحة غير مرغوب فيها ويستدل من دراسات Dan وآخرين (١٩٩٧) أن مركب ميثان ثيول سلفينيت methanethiolsulfinate يتكون أولاً – إنزيميًّا – في أنسجة البروكولي المتهتكة، ثم يتفاعل – لاإنزيميًّا – مع الحمض الأميني L-cysteine أو مع الجلوتاثيون المختزل لتكوين الميثان ثيول.

٥ كذلك يؤدي تخزين البروكولي في مستويات منخفضة من الأكسجين (أقل من ٠,٢٥٪) أو في مستويات مرتفعة من ثاني أكسيد الكربون (أعلى من ١٥٪) إلى تكوين نكهة ومذاق غير مقبولين ويوصى عند تخزين البروكولي في تركيزات عالية من ثاني أكسيد الكربون بألا يقل تركيز الأكسجين عن ١٪، علمًا بأن تركيز المركبات التي تؤدي إلى رداءة الطعم يزداد بزيادة تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون، وبنقص تركيز الأكسجين، وأن المركبات التي تتكون بفعل التركيز المرتفع من ثاني أكسيد الكربون تختفي سريعًا بعد إخراج المحصول من الجو المعدل، بينما تبقى تلك التي تتكون بفعل التركيز المنخفض للأكسجين لفترة أطول (عن Lougheed ١٩٨٧)

٥ ويعتبر المركبان methanthiol، و dimethyl trisulfide هما المسئولان عن الرائحة الكريهة التي تظهر بالبروكولي في الظروف اللاهوائية أو تلك التي ينخفض فيها كثيرًا تركيز الأكسجين ويزيد فيها كثيرًا تركيز ثاني أكسيد الكربون يحدث ذلك عندما

ينخفض تركيز الأكسجين في هواء المخزن إلى ١٪ أو أقل، وعندما يرتفع تركيز ثانى أكسيد الكربون إلى ١٦٪ أو أعلى، وتظهر الرائحة المنفرة في غضون ثلاثة أيام على ٢٠°م، وفى نحو أسبوع على ٢,٥°م (Hansen وآخرون ١٩٩٣).

• وقد أدت تعبئة البروكولى في أغشية من البوليثيلين بسمك ١٠٠ ميكرون وحفظه على ٢٠°م إلى نقص تركيز الأكسجين في داخل العبوات إلى أقل من ٠,٥٪، وزيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون إلى أكثر من ٢٠٪ في خلال ٨ ساعات من التخزين، وظهرت الروائح الكريهة سريعًا تحت هذه الظروف ومن بين المركبات المتطايرة التى أُنتجت الإيثانول، والأسيتالدهيد، والميثان ثيول، والدى ميثيل داى سلفيد، ولكن كانت أكثر تلك الغازات إسهامًا في النكهة الكريهة الميثان ثيول، والدى ميثيل سلفيد وقد ازداد التسرب الأيونى في البروكولى المعبأ في أغشية البوليثيلين عما في البروكولى غير المعبأ وقد استدل من هذه الدراسة على أن المركبات الكبريتية القابلة للتطاير التى تظهر في الظروف اللاهوائية تتكون نتيجة لتدهور الدهون بالأغشية الخلوية وفقد الخلايا لقدرتها على فصل مكوناتها عن بعضها البعض (intracellular compartmentation)، مما يسمح بحدوث تفاعلات إنزيمية لا تحدث — عادة — في الظروف الطبيعية (Dan وآخرون ١٩٩٧أ، ١٩٩٧ ب).

• كما أدى خفض تركيز الأكسجين في الهواء المحيط بالبروكولى — بإمرار غاز النيتروجين بصورة دائمة عليه — إلى إنتاج المنتج للميثان ثيول في خلال ساعة واحدة من وصول تركيز الأكسجين إلى ٠,٥٪، وأعقب ذلك زيادة مستمرة في إنتاج الغاز خلال الساعات العشر التالية التى استمر فيها متابعة إنتاجه. وبالمقارنة أدى إمرار الأكسجين في المنتج المخزن الذى كان قد بدأ في إنتاج الميثان ثيول إلى انخفاض إنتاج هذا الغاز بنسبة ٧٩٪ في خلال ١٥ دقيقة، وإلى توقف إنتاجه تمامًا في خلال ١٥ دقيقة أخرى وعندما أعيد تمرير غاز النيتروجين بدأ البروكولى في إنتاج الميثان ثيول مرة أخرى خلال أقل من ساعة. هذا وقد أدت زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون حتى ٥ ٢٦٪ إلى وقف إنتاج الميثان ثيول (Obenland وآخرون ١٩٩٤)

○ وأدى حفظ براعم البروكولى فى جو خال من الأكسجين (يحتوى على نيتروجين بنسبة ١٠٠٪) إلى إنتاجها للميثان ثيول والدى ميثيل داى سلفيد، وازداد معدل إنتاج الغازين بارتفاع درجة الحرارة من ١٠ إلى ٣٠°م وعندما حفظت البراعم على ١°م لمدة ثلاثة أسابيع، ثم وضعت فى ١٠٠٪ نيتروجين على ٢٠°م لمدة ٤٨ ساعة انخفض إنتاج الغازين ولقد كان معدل إنتاج الميثان ثيول والدى ميثيل داى سلفيد أعلى فى البراعم الزهرية عما فى السيقان (الحوامل) النورية، كذلك كان إنتاج المادة البادئة لكلا الغازين، وهى: S-methyl-L-cysteine sulfoxide أعلى فى البراعم الزهرية بمعدر أربعة أضعاف إنتاجها من السيقان، كما كان نشاط الإنزيم C-S lyase الذى يحلل المادة البادئة إلى الغازين أعلى جوهريًا فى البراعم الزهرية عمّا فى السيقان (Dan وآخرون ١٩٩٨).

○ ولدرجة حرارة التخزين أثناء فترة انخفاض تركيز الأكسجين إلى المستوى المنخفض الذى يحدث معه التنفس اللاهوائى تأثير كبير على إنتاج الميثان ثيول، حيث يزداد إنتاجه فى درجة الصفر المئوى، وفى ٧,٥°م مقارنة بـ ٢,٥ أو ٥°م، كما يزيد إنتاجه فى حرارة ٥٥°م، وينخفض فى حرارة ٤٠، و ٤٥°م، وينعدم فى ٦٠°م (Obenland وآخرون ١٩٩٥)

○ وجدير بالذكر أن عديدًا من الكائنات الدقيقة اللاهوائية التنفس يمكنها إنتاج الميثان ثيول إلى درجة أن ذلك حدا بالبعض إلى الاعتقاد بأن هذا المركب ينتج فى البروكولى – المخزن فى الجو المعدل – بواسطة الكائنات الدقيقة التى تلوثه سطحيًا، إلا أنه ثبتت قدرة بادرات البروكولى المعقمة على إنتاج المركب (Forney وآخرون ١٩٩٣).

○ كذلك أوضحت دراسات Derbali وآخرون (١٩٩٨) أن بادرات البروكولى المعقمة تنتج – فى الظروف اللاهوائية – الغازات: ميثان ثيول، وداى مثيل سلفيد، وداى مثيل داى سلفيد، وهيدروجين سلفيد، مما يثبت أن تلك الغازات ذات الرائحة المنفرة ذات أصل نباتى

○ ولا يقتصر إنتاج الميثان ثيول methanethiole – وهو المركب الرئيسى المسئول عن

الرائحة الكريهة التى تتكون فى البروكولى المخزن فى ظروف يقل فيها تركيز الأكسجين عن ٠,٥٪ – لا يقتصر إنتاجه على البروكولى، فقد أنتجته عديد من الخضر الصليبية الأخرى، ولكن تدرج تركيزه فى الانخفاض حسب الترتيب التالى للخضر: براعم البروكولى، ثم أنصال أوراق الكرنب الصينى (pak choi)، ثم الكرنب ذات الأوراق المجعدة، ثم الـ broccoflower، ثم الكرنب الأخضر والأحمر. أما سيقان (حوامل نورات) البروكولى، والكيل، وكرنب بروكسل، وأعناق أوراق الكرنب الصينى (pak choi)، وجذور الروتاباجا، وأقراص القنبيط، والكرنب الصينى (Chinese cabbage)، والسيقان المتدرنة للكرنب أبو ركبة فقد كان إنتاجها من الميثان ثيول أقل من ٣٪ من إنتاج البراعم الزهرية للبروكولى. كذلك كانت الأنسجة الخضراء أكثر إنتاجًا للميثان ثيول عن الأنسجة غير الخضراء. ولم يرتبط إنتاج الخضر اللاهوائى للإيثانول مع إنتاجها من الميثان ثيول كذلك استحثت الظروف الهوائية إنتاج الداى مثيل داى سلفيد، والداى مثيل تراى سلفيد وكان الكرنب الأخضر أكثر الصليبيات إنتاجًا للداى مثيل داى سلفيد، وتلاه الكرنب الأحمر وبراعم البروكولى الزهرية. هذا بينما كان الارتباط قويًا بين إنتاج الداى مثيل تراى سلفيد والميثان ثيول (Forney & Jordan ١٩٩٩).

الشحن

يتعين تبريد الحاويات التى تستخدم فى شحن البروكولى إلى الصفر المئوى، على ألا تزيد حرارتها عن ١°م، مع ٩٥٪–١٠٠٪ رطوبة نسبية، ومع التهوية بمعدل ٦٠م^3/ساعة (٣٥ قدم^3/دقيقة) للحاويات الـ ٢٠ قدمًا، وبمعدل ١٢٠م^3/ساعة (٧٠ قدم^3/دقيقة) للحاويات الـ ٤٠ قدمًا يحتفظ البروكولى بجودته فى هذه الظروف لمدة ٣٥–٥٠ يومًا هذا مع العلم بأن البروكولى يتجمد على حرارة –٠,٦°م (Optimal Fresh ٢٠٠١ – الإنترنت).

البروكولى المجهز للمستهلك

يجهز البروكولى الطازج للمستهلك fresh-cut على صورة زهيرات florets (وهى مجموعة صغيرة من البراعم الزهرية تمثل أحد الفروع الصغيرة للنورة)

يجب أن تكون الزهيرات المجهزة مندمجة وممتلئة turgid غير ذابلة، وخضراء قاتمة اللون، ولا يظهر بها أى براعم متفتحة، كما يجب ألا يظهر بها أى رائحة كبريتية أو أى تلون غير طبيعى بامتداد ساق الزهيرة ونهايته المقطوعة

ويجب أن تكون حرارة مركز ساق الزهيرة فى البروكولى الخام أقل من ١,٥ °م، أما بعد تجهيزه للاستعمال الطازج فإنه يخزن على ١–٣ °م لحفظ الجودة ولتقليل أى احتمال لتجمده أثناء التداول، والتوزيع، والتخزين

يعد الاصفرار أحد المشاكل الشائعة، وهى التى تنتج من فقد الكلوروفيل، أو تفتح البراعم كذلك فإن الأسطح المقطوعة والسيقان المضارة قد تكتسب لونًا أسودًا أثناء التخزين كما أن تكون روائح منفرة قد يصبح مشكلة رئيسية إذا ما استعملت عبوات الجو المعدل MAP هذا مع العلم بأن ارتفاع درجة الحرارة عن المدى الموصى به أو تقلبها نحو الارتفاع يحفز الإصابة بالعفن الطرى البكتيرى ونمو الأعفان الفطرية

وعند تجهيز رؤوس البروكولى فإنها تقطع إلى زهيرات يتراوح طولها بين ٢,٥ إلى ٥سم تغسل تلك الزهيرات فى ماء يحتوى على كلورين كلى بتركيز ٢٠٠ جزء فى المليون لغسيل المواد المتبقية من الزهيرات ذاتها وكذلك لخفض العد الميكروبى (Barth وآخرون ٢٠٠٤)

إن مزايا تخزين البروكولى المجهز للمستهلك فى الجو المتحكم فيه (٥٪ أكسجين + ٤٪ ثانى أكسيد الكربون) قد تكون هامشية عندما يكون التخزين لمدة ١٤ يومًا على صفر–٥ °م مقارنة بالهواء العادى ويؤدى خفض الأكسجين إلى٠,٢٥٪ أو زيادة ثانى أكسيد الكربون إلى ١٠٪ على صفر–٥ °م إلى خفض معدل التنفس بمقدار النصف تقريبًا وقد أدى استعمال غشاء بوليميرى polymeric film مناسب لعبوات الجو المعدل MAP إلى المحافظة على اللون الأخضر للزهيرات على صفر–٥ °م لأكثر من ٢١ يومًا هذا مع العلم أنه قد تتكون رائحة منفرة قوية وتتلون الأطراف المقطوعة بشدة أثناء التخزين فى الـ MAP على ١٠٪ ثانى أكسيد كربون + ٢,٥٪ – أو أقل – أكسجين. ويفيد استخدام الأغشية المثقبة – ولو

بثقوب دقيقة جدًا micro perforation – في الحد من تكون الرائحة المنفرة ويساعد إبقاء تركيز الإثيلين أقل من ١-١٠ أجزاء في المليون في تقليل فقد اللون جوهريًا على حرارة ١ °م، ولكن ذلك لم يكن مؤثرًا في الحرارة الأعلى من ذلك

وعلى الرغم من ارتفاع العد الميكروبي للبروكولي المجهز للاستعمال – حيث يزيد – عادة – عن ١٠٠ ألف cfu (وحدة تكوين مستعمرة نمو على البيئات الصناعية) لكل جرام واحد من المنتج الطازج – فإنه لم تظهر أي مشاكل صحية لاستعمال البروكولي المجهز

ويختلف معدل تنفس البروكولي المجهز للمستهلك حسب حرارة التخزين، كما يلي:

الحرارة (°م)	معدل التنفس (مجم ثاني أكسيد كربون/كجم من المنتج في الساعة)
صفر	٢٦
٥	٤٤
١٠	٧٨

كما أظهرت دراسات Bastrash وآخرون (١٩٩٣) أن تجزئة رؤوس البروكولي إلى أجزاء نورية صغيرة florets – كنوع من التصنيع الجزئي minimal processing أحدث زيادة في معدل التنفس خلال كل فترة التخزين في الهواء على ٤°م، بسبب التجريح الذي حدث بها. وقد أدى تخزين تلك الأجزاء النورية في هواء يحتوي على ٦٪ أكسجين + ٢٪ ثاني أكسيد كربون إلى زيادة فترة احتفاظها بجودتها أثناء التخزين إلى ٧ أسابيع مقارنة بخمسة أسابيع فقط في الهواء. كذلك أظهرت الدراسة أن التصنيع الجزئي لم يغير من الظروف المثلى للتخزين؛ بما يعني أن توصيات تخزين رؤوس البروكولي الكاملة تصلح أيضًا لتخزين الرؤوس المصنعة جزئيًا

الكرنب الصيني

اكتمال التكوين للحصاد، والحصاد

تكمل نباتات الكرنب الصيني نموها وتكون جاهزة للحصاد بعد نحو ٤٥ يومًا من

الشتل بالنسبة لأصناف الخردل الصينى، وبعد ٢-٣ أشهر من الشتل بالنسبة لأصناف الكرنب الصينى ويتم الحصاد فى كليهما بقطع النبات – بالسكين – أسفل الرأس بقليل. وإذا تأخر الحصاد – فإن النباتات قد تتجه نحو الإزهار، وبذا تفقد قيمتها الاقتصادية.

يفضل إجراء الحصاد فى الصباح الباكر، مع عدم ترك النباتات معرضة للشمس بعد حصادها

العيوب الفسيولوجية السابقة للحصاد

إن من بين أهم العيوب الفسيولوجية التى تظهر بالكرنب الصينى – بسبب تعرضه لظروف معينة قبل الحصاد – وتؤثر فى جودته، ما يلى

احتراق حواف الأوراق

لتلك الظاهرة علاقة بكل من توفر الظروف المحفزة للنمو السريع، مع نقص الكالسيوم فى التربة، أو توفر العنصر ولكن مع نقص امتصاصه بسبب تعرض النباتات لظروف جفاف أو زيادة فى الملوحة الأرضية، أو توفر الكالسيوم وامتصاصه ولكن فى ظروف النتح الشديد (الجو الحار الجاف) الذى يتوجه فيها كل الماء الممتص – مع ما يحمله من كالسيوم – نحو الأوراق الخارجية التى يزداد فيها النتح

بقع الفلفل

تظهر أحيانًا على أوراق الكرنب الصينى وأعناق أوراقه بقع صغيرة سوداء بشكل بذرة السمسم تؤثر سلبيًا على قيمته التسويقية تعرف باسم "بقع الفلفل" pepper spot ومن بين مسببات هذه الحالة الفسيولوجية غزارة التسميد الآزوتى، والتسميد الآزوتى بعد تكوين الرؤوس، وزيادة النحاس، ونقص الحديد (عن Etoh ١٩٩٤)

اصفرار العرق الوسطى والتفاف الأوراق

تفرز صغار (حوريات) الذبابة البيضاء (من النوع *Bemisia argentifolii*) أثناء

تغذيتها سمًا أو سمومًا بطيئة التحرك فى النبات، تؤدى إلى اصفرار العرق الوسطى للورقة المصابة والتفافها وإذا ما أزيلت الصغار من على النباتات التى تظهر بها هذه الأعراض، ثم عوملت بمبيد حشرى لوقف أية إصابات جديدة بالحشرة، فإن النموات الجديدة تكون خلوًا من تلك الأعراض (Costa وآخرون ١٩٩٣).

تحلل الكلوروفيل

يؤدى تعرض نباتات الكرنب الصينى لدرجات حرارة مرتفعة قبل الحصاد إلى سرعة تحلل الكلوروفيل أثناء التخزين، بينما يؤدى تعرضها للوحة عالية إلى زيادة احتفاظها بالكلوروفيل خلال الفترة الأولى من التخزين (Mahmud وآخرون ١٩٩٩).

التخزين المبرد العادى

يمكن تخزين الكرنب الصينى على حرارة صفر°م ورطوبة نسبية ٩٥٪-٩٨٪ لمدة ٤-٦ شهور (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

وقد تراوحت درجة التخزين المثلى بين صفر، و ٣°م، حيث احتفظت الرؤوس بصلاحيتها للتسويق لمدة ١٠٠ يوم (Grzegorzewska وآخرون ١٩٩٨)

التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته والجو المعدل

أدى تخزين الكرنب الصينى فى ٠,٥٪ أو ٢,٥٪ ثانى أكسيد كربون مع ١٪ أكسجين إلى ظهور طعم ردئ ورائحة غير مقبولة، بينما أعطى التخزين فى ٥٪ أكسجين + ٥٪ ثانى أكسيد كربون أفضل النتائج (عن Lougheed ١٩٨٧)

وكان أفضل جو متحكم فى مكوناته لتخزين الكرنب الصينى هو الذى احتوى على ١٪ ثانى أكسيد كربون + ١٪ أكسجين، حيث احتفظت الرؤوس بصلابتها، وقل فقدها للكلوروفيل، وكانت مازالت صالحة للتسويق بعد ٦٠ يومًا من التخزين (Yang & Pek ١٩٩٦).

وفى دراسة أخرى كانت أفضل الظروف لتخزين الكرنب الصينى بحالة جيدة هى ٢ ٥٪ ثانى أكسيد كربون + ١,٥٪–٣٪ أكسجين وأدت زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون عن ٥٪ إلى زيادة الإصابة بالأعفان. كما كانت حرارة تخزين مقدارها ٢°م أفضل من الصفر المئوى (Adamicki & Gajewski ١٩٩٩).

أما بالنسبة للمسترد الصينى pak-choi فقد حافظ على جودته بصورة أفضل فى الأكياس المثقبة عما فى الكنترول، وكانت أفضل ظروف الجو المعدل لتخزينه هى ٢٪ أكسجين مع ٢٪ ثانى أكسيد كربون، حيث حافظ المنتج على جودته لمدة ٩ أيام على ٢°م. وأدت معاملة الباك شوى بالماء الساخن على ٤٦°م لمدة ٨–١٠ دقائق قبل التخزين إلى تقليل الاصفرار بعد ذلك خلال ٧ أيام من التخزين على ٢°م. كذلك أدت إزالة الإثيلين أثناء التخزين إلى تحسين نوعية المنتج (Shen وآخرون ١٩٩٩).

التغيرات المصاحبة للتخزين

أظهر الكرنب الصينى المخزن فى الحرارة العالية (٢٠ ± ١ أ ٢٥ ± ٠,٥°م) ارتفاعًا كلايمكتيريًا فى كل من معدلى التنفس وإنتاج الإثيلين، وكان ذلك مصاحبًا بانخفاض فى نشاط إنزيمى الـ superoxide dismutase والكاتاليز catalase، وفى محتوى حامض الأسكوربيك والكاروتينات، مع زيادة فى محتوى الـ malondialdehyde وفى نفاذية الأغشية الخلوية، وتقدم فى شيخوخة المنتج وبالمقارنة لم تحدث الزيادة الكلايمكتيرية فى حرارة ١٠ ± ١ أو ٥ ± ١°م (Yu & Xi ١٩٩٧أ، و ١٩٩٧ب).

ولم يفقد الكرنب الصينى المجهز جزئيًا للاستهلاك (minimum processing) سوى ١٣٪ من محتواه من حامض الأسكوربيك فى نهاية فترة التخزين على ٤°م (Klieber & Franklin ٢٠٠٠).

وقد ازداد تركيز حامض الأبسيسك abscisic acid فى الكرنب الصينى بعد التخزين فى درجة الصفر المئوى فى الهواء. ولكن تلك الزيادة انخفضت عندما كان التخزين فى هواء يحتوى على ١٪ أكسجين، فقد كان محتوى أنصال الأوراق الخارجية من الحامض

فى الرؤوس المخزنة فى ١٪ أكسجين أقل من نصف محتواها عند التخزين فى الهواء العادى. كذلك ساعد خفض نسبة الأكسجين فى تأخير اصفرار الأوراق الخارجية وحافظ على الكلوروفيل عند مستوى أكثر ارتفاعًا (Wang & Ji ١٩٨٨)

كذلك صاحب تخزين الكرنب الصينى فى حرارة الغرفة (٢٠°م) لفترة طويلة (٤٥ يومًا) انخفاضًا كبيرًا فى محتوى الأوراق من النترات nitrate، فى الوقت الذى تراكم فيه النيتريت nitrite، ولكن هذا التحول — وهو تحول ضار بصحة الإنسان — تم وقفه بتخزين الرؤوس فى حرارة منخفضة مع تعبئتها فى أغشية البوليثيلين (Yang وآخرون ٢٠٠٠).

الكولارد والكيل

التنبؤ بموعد الحصاد

كنت أفضل طريقة للتنبؤ بموعد أول حصاد فى الكولارد بأقل قدر من معامل الاختلاف coefficient of variation، هى بجمع الفرق بين أعلى درجة حرارة ودرجة حرارة أساس مقدارها ٤ ١٣°م يوميًا خلال الفترة من الزراعة إلى الحصاد.وإذا كانت الحرارة العظمى أعلى عن ٢٣,٩°م فإن حرارة الأساس تطرح من حرارة عظمى معدلة تساوى ٢٣,٩°م، ثم يطرح الفرق بين الحرارة القصوى، و ٢٣,٩°م أعطت هذه الطريقة الأخيرة معامل اختلاف قدره ٩,١٪ مقارنة بنحو ١١,٤٪ للطريقة القياسية بجمع الفرق بين متوسط درجة الحرارة وحرارة أساس ٤,٤°م يوميًا من الزراعة إلى الحصاد. ومقارنة بمعامل اختلاف قدره ٤ ١٣٪ بحساب عدد الأيام من الزراعة إلى الحصاد (Dufault وآخرون ١٩٨٩)

اكتمال النمو للحصاد، والحصاد

تصبح النباتات جاهزة للحصاد بعد ٢–٣ أشهر من الزراعة حسب الصنف.

يعتبر الكولارد مكتمل النمو حينما يكون النبات مجموعة متزاحمة من الأوراق فى

تاجه ويمكن حصاد النباتات آليًا أو يدويًا وبعد الحصاد تتم إزالة الأوراق الخارجية المتحللة والمصابة بالأضرار، ويكفى ترك أربع أوراق مغلفة للأوراق المتراحمة المركزية

أما الكيل – الذى يعامل مثل الكولارد – فيمكن حصده بواحدة من ثلاث طرق النبات الكامل، والأوراق المتزاحمة معًا، والأوراق الفردية وفى كل الحالات يتعين التخلص من الأوراق الصفراء والمصابة بالأضرار فى الحقل

يحصد الكولارد إما على صورة أوراق فردية أو رؤوس ويمكن تعبئة الأوراق المفردة – التى تكون بحجم مناسب وفى درجة مناسبة من اكتمال التكوين. سائبة أو فى حزم بكل منها ٨–١٢ ورقة تربط معًا بأستك أما الرؤوس الكاملة فإنها تحصد عندما يتكون بها ١٦–٢٠ ورقة ويجب التخلص من جميع الأوراق التى تظهر بها أى نوع من الأضرار (Boyette وآخرون ١٩٩٢)

التداول

يتعين تبريد المحصول أوليًا بطريقة التبريد تحت التفريغ

وقد أدى تعريض الكيل بعد الحصاد للهواء الرطب على حرارة ٤٥°م لمدة ٣٠ دقيقة إلى المحافظة على نوعية المنتج وجودته، وتأخير الاصفرار، وتقليل فقد السكريات والأحماض العضوية لدى تخزينه – بعد المعاملة – على حرارة ١٥°م (Wang ١٩٩٨)

كذلك أدى تعريض الكولارد لهواء رطب على حرارة ٤٠°م لمدة ساعة إلى تأخير اصفرار المنتج والمحافظة على الأوراق من الارتخاء (Wang ١٩٩٨)

التخزين

يخزن الكيل والكولارد على درجة الصفر المئوى مع ٩٥٪ رطوبة نسبية، حيث يمكن أن يحتفظ المنتج بجودته تحت هذه لظروف لمدة ١٠–١٤ يومًا

وتؤدى تعبئة الكيل والكولارد فى عبوات مبطنة بالبوليثيلين وإضافة الثلج المجروش إليها إلى احتفاظها بجودتها لمدة ٣ أسابيع على درجة الصفر المئوى، ولمدة أسبوع واحد

على ٤.٤°م، ولمدة ثلاثة أيام فقط على ١٠°م هذا . ويقل الفقد فى حامض الأسكوربيك من المنتج كلما تأخر ذبول الأوراق خلال فترة التخزين.

الكرنب بروكسل

العيوب الفسيولوجية السابقة للحصاد

يصاب كرنب بروكسل – مثل الكرنب والكرنب الصينى – بالعيب الفسيولوجى الذى يعرف باسم احتراق قمة الأوراق tipburn. وهو ينتج عن نقص وصول الكالسيوم إلى الأوراق الداخلية بالكرينبات مما يؤدى إلى احتراقها.

اكتمال التكوين للحصاد، والحصاد

يبدأ الحصاد بعد الشتل بنحو ٣–٣,٥ شهرًا، ويستمر لمدة شهر أو أكثر. تحصد الكرينبات الناضجة أولاً – وهى السفلية – قبل اصفرارها ثم تحصد الكرينبات التالية لها فى النضج أولاً بأول

ويعرف النضج بوصول الكرينبات إلى أكبر حجم لها، وهو عندما يبلغ قطرها من ٣–٥ سم حسب الصنف. ويؤدى تأخير الحصاد لحين اصفرار الأوراق السفلى إلى تليف البراعم وتدهور نوعيتها.

ويجرى الحصاد بكسر الورقة التى يوجد البرعم فى إبطها ثم قطع البرعم ويستمر النبات فى تكوين أوراق – وكرينبات جديدة – من أعلى أثناء حصاده من أسفل.

وقد أمكن إنتاج أصناف من الكرنب بروكسل تكمل فيها جميع الكرينبات نموها وتكون جاهزة للحصاد فى نفس الوقت، بما يسمح بحصادها آليًا.

صفات الجودة

يبلغ قطر كرينبات الكرنب بروكسل ذو الجودة العالية حوالى ٢,٥ سم يجب أن

تكون الأوراق الداخلية صفراء فاتحة اللون ومندمجة معًا دون تواجد لجيوب هوائية كبيرة بينها، الأمر الذى يحدث عند نمو الساق الداخلية (Forney & Toivonen ٢٠٠٤)

كما يتميز كرنب بروكسل ذو النوعية الجيدة باللون الأخضر الزاهي دون اصفرار أو تغيرات لونية، مع القوام الصلب. وقد يتغير لون طرف ساق الكرينبة قليلاً، ولكن دون أن يكون داكنًا يجب أن يكون كرنب بروكسل حلوًا غير حريف بعد طهيه تختلف المرارة باختلاف الأصناف. وهى ترتبط بوجود تركيزات عالية من جلوكوسينولات معينة (هى السينجرين sinigrin والبروجويترين progoitrin) (عن Cantwell & Suslow ٢٠٠٧)

معالجة اصفرار أوراق الكرينبات قبل الحصاد وبعده

يعنى اصفرار أوراق كرينبات الكرنب بروكسل قبل الحصاد ضرورة بذل جهد إضافى فى التخلص من تلك الأوراق لكى يكون المنتج عالى الجودة

ويلعب التسميد الآزوتى الجيد – وخاصة عند بداية نمو الكرينبات وقبل الحصاد بفترة قصيرة – دورًا هامًا فى زيادة محتوى أوراقها من الكلوروفيل عند الحصاد وإبطاء معدل اصفرارها أثناء التخزين (عن Everaarts & Vlaswinkel ٢٠٠٠)

وكما أسلفنا فإنه يحدث اصفرار بأوراق كرينبات الكرنب بروكسل بعد الحصاد وتزداد سرعة الاصفرار مع التأخير فى عملية الحصاد، ويرتبط إيجابيًا بحجم الكرينبات عند الحصاد وقد وجد فى الصنف المبكر Maximus أن الوقت الذى يمر حتى تصفر ٢٥٪ من الكرينبات ارتبط سلبيًا مع عمر المحصول عند الحصاد، بينما لم يوجد ذلك الارتباط فى الصنف المتأخر Philemon. ويبدو أن عمر الكرينبات عند الحصاد هو العامل السائد المحدد لسرعة اصفرارها بعد الحصاد (Everaarts & Vlaswinkel ٢٠٠٠)

هذا ولم تؤثر المعاملة بالحرارة العالية بين ٤٠، و ٥٥°م لمدة ٣٠–٩٠ دقيقة فى الهواء الرطب لم تؤثر تأثيرًا يذكر على معدل شيخوخة الكرينبات أو جودتها أثناء التخزين بعد المعاملة على ١٥°م (Wang ١٩٩٨)

التنفس

يتباين معدل تنفس كرنب بروكسل (بالملليلتر ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة) حسب درجة الحرارة، كما يلى:

الحرارة (°م)	معدل التنفس (ملليلتر ثانى أكسيد كربون/كجم/ساعة)
صفر	٥–١٥
٥	١١–٢٤
١٠	٢٠–٤٠
١٥	٣٠–٥٠
٢٠	٤٥–٧٥

يقل إنتاج الكرنب بروكسل للإثيلين عن ٠,٢٥ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٢,٥–٥°م. ويزداد معدل إنتاج الإثيلين عند ظهور أى اصفرار بالكرينبات (عن Cantwell & Suslow ٢٠٠٧).

ويعد الكرنب بروكسل حساسًا للإثيلين الذى قد يتعرض له من مصادر خارجية، حيث يؤدى إلى إحداث تحلل سريع بالكلوروفيل، واصفرار الأوراق وسقوطها، مع زيادة فى طول السلاميات التى توجد بداخل الكرينبات، مما يجعلها تبدو متفتحة، وهى الحالة التى توصف فيها الكرينبات بأنها "منفوخة" blown. وتلك الكرينبات تكون عديمة القيمة التجارية (عن Thompson ٢٠٠٣).

التبريد الأولى

غالبًا ما يبرد كرنب بروكسل أوليًا بالماء المثلج، كما يمكن تبريده بالدفع الجبرى للهواء.

التخزين

التخزين المبرد فى الهواء العادى

يمكن تخزين الكرينبات بحالة جيدة لمدة ٣–٥ أسابيع فى درجة الصفر إلى ١°م،

ورطوبة نسبية تتراوح من ٩٥٪–٩٨٪، مع توفير تهوية جيدة ويؤدى رفع حرارة التخزين إلى ١٠°م إلى اصفرار الكرينبات، كما تؤدى زيادة فترة التخزين عن خمسة أسابيع إلى ظهور بقع صغيرة سوداء اللون على الكرينبات التى تفقد – أيضًا – لونها الأخضر، وتذبل وتتعفن ونظرًا لأن الكرنب بروكسل من الخضر التى تفقد رطوبتها بسرعة – حتى فى ظروف التخزين الجيدة، لذا تفيد تعبئته فى أكياس بلاستيكية أثناء التخزين

كذلك تتناقص فترة الصلاحية للتخزين – بشدة – مع ارتفاع الحرارة عن ١°م، إلى أن تصل إلى ثلاثة أيام فقط على ٨°م.

هذا ويتجمد كرنب بروكسل على حرارة -٠,٦°م، ويؤدى التجمد الخفيف إلى ظهور مساحات صغيرة داكنة اللون وشفافية بالأوراق الخارجية، أما التجمد الشديد فيؤدى إلى ظهور تلك الأعراض على كل الكرينبة، مع إصابتها بالعفن الطرى البكتيرى بعد تفككها (Cantwell & Suslow ٢٠٠٧)

يستفيد كرنب بروكسل من خفض الأكسجين إلى ١٪–٤٪ وزيادة ثانى أكسيد الكربون إلى ٥٪ إلى ١٠٪ على ٢,٥–٥°م. وأهم أوجه الاستفادة هى تأخير الاصفرار والتحلل، وتلون أعناق الكرينبات وتثبيط إنتاج الإثيلين هذا إلا أن كرنب بروكسل لا يستفيد من الجو المتحكم فى مكوناته إذا كان التخزين على الصفر المئوى. وقد يؤدى خفض الأكسجين إلى أقل من ١٪ إلى زيادة مرارة الكرنب بروكسل بشدة، كما قد تحدث تغيرات لونية داخلية بالكرينبات. كذلك فإن التخزين فى ١٠٪–١٢٪ ثانى أكسيد كربون قد يؤدى إلى ظهور روائح غير مرغوب فيها (Cantwell & Suslow ٢٠٠٧)

التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته وفى الجو المعدل

يفيد رفع نسبة ثانى أكسيد الكربون فى هواء المخزن فى تثبيط اصفرار الكرينبات وتأخير تغير لون سطح القطع فى ساقها وتأخير تعفنه

كذلك وجد أن إنتاج الإثيلين توقف تقريبًا خلال فترة تعرض المحصول المخزن للتركيز العالى من ثانى أكسيد الكربون، ولكنه ازداد بشدة أثناء تهوية المحصول بعد إخراجه من المخزن

وقد توصل Lipton & Mackay (١٩٨٧) إلى أن نسبة الأكسجين المخفضة (٢٪) تؤخر اصفرار الكرينبات، بينما تحد نسبة ثانى أكسيد الكربون المرتفعة (١٠٪) من الإصابة بالأعفان، ولذا .. فإن الجمع بين نسبة الأكسجين المنخفضة ونسبة ثانى أكسيد الكربون المرتفعة كان أفضل بكثير من التخزين في الجو العادى سواء أكان ذلك على حرارة ٥°م أو ٧,٥°م. علمًا بأن الكرينبات احتفظت بلونها الجيد لمدة ٤ أسابيع على حرارة ٢,٥°م سواء أكان تخزينها في الهواء المتحكم فى مكوناته، أم فى الهواء العادى. وأدى نقص نسبة الأكسجين إلى ٠,٥٪ إلى تلون أوراق القلب أحيانًا بلون أخضر، واكتساب الأجزاء غير الخضراء طعمًا شديد المرارة

ويوصى عند الرغبة فى التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته أن يتراوح تركيز ثانى اكسيد الكربون بين ٥٪، و ٧٪، وأن يبلغ تركيز الأكسجين حوالى ٢,٥٪ (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤).

ومن المناسب تعبئة كرينبات الكرنب بروكسل فى أغشية تسمح بتبادل الغازات بالقدر الذى يتكون معه جو معدل تزيد فيه نسبة ثانى أكسيد الكربون وتنخفض نسبة الأكسجين إلى الحدود المرغوب فيها، بغرض زيادة قدرتها على تحمل التخزين. ومن الأغشية المناسبة لذلك ما تعرف بالبوليثيلين سيراميك PE-ceramic، والتى أمكن باستعمالها فى تعبئة الكرينبات تخزينها لمدة ١٦ أسبوعًا على حرارة الصفر، و ١١ أسبوعًا على حرارة ٥°م، و ١١ يومًا على حرارة ٢٠°م، بينما استمر تخزينها فى أغشية البوليثيلين العادية لمدة أسبوع واحد فقط على حرارة ٢٠°م (Park وآخرون ١٩٩٣).

التصدير

يجب أن يكون الكرنب البروكسل المعد للتصدير إلى السوق الأوروبية المشتركة نظيفًا،

وخاليًا من الأعفن، وطازجًا في مظهره، وخاليًا من أي مواد غريبة، ومن الحشرات والطفيليات، ومن الرطوبة الخارجية الحرة غير العادية، ومن الروائح الغريبة والطعم الغريب، وأن تكون الكرينبات كاملة

ويجب أن تكون ساق الكرينبات مقطوعة أسفل مستوى الأوراق الخارجية مباشرة، وأن يكون مكان القطع نظيفًا ومستويًا

ويجب أن تكون الكرينبات في حالة تسمح لها بتحمل عمليات الشحن والتداول والوصول بحالة جيدة للعرض بالأسواق

ويقسم الكرنب البروكسل المعد للتسويق بالسوق الأوروبية المشتركة إلى ثلاث درجات، كما يلي:

الدرجة الأولى Class I

يجب أن تكون كرينبات الدرجة الأولى صلبة، ومغلقة، وخالية من أضرار الصقيع كما يجب أن تكون الكرينبات المشذبة جيدة التلوين، بينما يسمح ببعض التغير اللوني الخفيف في الأوراق القاعدية بالكرينبات غير المشذبة كذلك يُسمح بالأضرار الخفيفة بالأوراق الخارجية، وهي التي قد تنتج عن الحصاد، والتدريج، والتعبئة شريطة ألا تؤثر على الحالة الجيدة للمنتج

٢- الدرجة الثانية Class II

تتضمن هذه الدرجة الكرينبات التي لا تصلح لوضعها في الدرجة الأولى. حيث تكون أقل صلابة، وأقل انغلاقًا ولكنها ليست مفتوحة، وقد تظهر بها أضرار بسيطة من جراء الصقيع

٣- الدرجة الثالثة Class III:

تتضمن هذه الدرجة الكرينبات التي لا تصلح لوضعها في الدرجة الثانية. حيث قد يظهر بها بعض التغير اللوني، وبعض الجروح البسيطة، والقليل جدًا من الأضرار المرضية والحشرية. كما قد يعلق بها آثار من التربة، وقد تظهر بها بعض أضرار الصقيع

ويتم التدريج حجميًا حسب أكبر قطر بالجزء الاستوائى من الكرينبة. ويكون الحد الأدنى للقطر المناسب هو: ١٠ مم للكرينبات المشذبة من الدرجتين الأولى والثانية، ولكرينبات الدرجة الثالثة سواء أكانت مشذبة أم غير مشذبة، و ١٥ مم للكرينبات غير المشذبة من الدرجتين الأولى والثانية. ويجب ألاّ يزيد الفرق فى القطر بين أصغر الكرينبات وأكبرها فى العبوة الواحدة من الدرجة الأولى عن ٢٠ مم.

هذا .. ويسمح فى الدرجة الأولى بنحو ١٠٪ بالوزن من الكرينبات التى لا ينطبق عليها شروط الدرجة الأولى، ولكنها تفى بشروط الدرجة الثانية، كما يسمح بنحو ١٠٪ بالوزن من كرينبات الدرجة الثانية التى لا تفى بشروطها، شريطة ألا تكون مصابة بالأعفان أو متدهورة إلى درجة تجعلها غير صالحة للاستهلاك كذلك يسمح بنحو ١٥٪ من كرينبات الدرجة الثالثة التي لا تفى بشروطها، شريطة ألا تكون متعفنة أو متدهور إلى درجة لا تصلح معها للاستهلاك

وفى جميع الدرجات يسمح بنحو ١٠٪ بالوزن من الكرينبات التى لا تطابق متطلبات الحجم.

كرنب أبو ركبة

الحصاد وصفات الجودة

يحصد كرنب أبو ركبة وهو صغير الحجم والعمر لأن المكتمل التكوين يكون متخشبًا وقويًا وتعد قواعد الأوراق دليلاً جيدًا على الجودة؛ فهى يجب أن تكون عصيرية وغضة. ويتراوح القطر المناسب للكرنب أبو ركبة بين ٥-٦ سم فى الأصناف المبكرة إلى ١٠-١٣ سم فى الأصناف المتأخرة نظرًا لأنها تكون أقل قابلية لأن تصبح متخشبة.

التنفس وإنتاج الإثيلين

يتباين معدل تنفس كرنب أبو ركبة حسب درجة الحرارة، كما يلى

الحرارة (°م)	معدل التنفس (مجم ثانى أكسيد كربون/كجم/ساعة)
صفر	١٠
٥	١٦
١٠	٣١
١٥	٤٦

ويقل إنتاج كرنب أبو ركبة من الإثيلين عن ٠,١ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٢٠ °م، كما أنه قليل الحساسية للإثيلين الذى قد يتعرض له من مصادر خارجية

التبريد الأوّلى

يمكن تبريد الكرنب أبو ركبة أوليًا بالماء المثلج أو بإضافة الثلج المجروش إلى العبوات، أو بطريقة الدفع الجبرى للهواء سواء أكان بالأوراق، أم بدونها

التخزين

يمكن تخزين كرنب أبو ركبة بدون أوراقه لمدة ٢-٣ شهور على الصفر المئوى ورطوبة نسبية ٩٨٪-١٠٠٪، ولكن فترة الصلاحية للتخزين – تحت تلك الظروف تقصر إلى ٢-٤ أسابيع فقط إذا كان بأوراقه. ويمكن إطالة فترة التخزين بتعبئة كرنب أبو ركبة فى أغشية مثقبة؛ لأجل المساعدة على بقاء الرطوبة النسبية عالية، ولكن كرنب أبو ركبة لا يستفيد من الجو المتحكم فى مكوناته CA. كذلك لا يعد كرنب أبو ركبة حساسًا لأضرار البرودة، ولكنه يتجمد على -١ °م

هذا ويتخشب كرنب أبو ركبة إذا ما خزن لفترة تزيد عما يُتوقع له، أو عند انخفاض الرطوبة النسبية فى المخزن عن الحدود الموصى بها (Toivonen & Forney ٢٠٠٤)

الجرجير

تُعد المعاملة الحرارية وسيلة لتأخير اصفرار الخضر الورقية والمحافظة على جودتها

بعد الحصاد. ولقد وجد فى الجرجير *Eruca sativa* أن معاملة أوراقه بماء الصنبور الدفأ على ٥٠°م لمدة ٢٠–٤٠ ثانية أخَّر اصفرار الأوراق دون إحداث أى أضرار بها. وعلى الرغم من أن المعاملة الحرارية على ٥٠°م لمدة ٣٠ ثانية أسرعت من إنتاج الإثيلين فى عبوات الجرجير، فإنها أطالت فترة حياة المنتج على ٨°م من ٥ أيام فى الكنترول غير المعامل إلى ١٠ أيام فى المعامل، دون إحداث المعاملة لأى تأثير يذكر على صفات الجودة (Siomos وآخرون ٢٠٠٩)



الفصل التاسع

الخس

اكتمال التكوين للحصاد

يكون خس الرؤوس ذات الأوراق النضرة القابلة للتقصف — أى القصِمة (الآيس برج) جاهزًا للحصاد بعد فترة — من الزراعة بالبذرة مباشرة — تتراوح بين ٥٥، و ٦٠ يومًا فى الجو الدافئ نسبيًا إلى ١١٠-١٢٠ يومًا فى الجو البارد، وتقل الفترة التى يلزم مرورها حتى الحصاد بنحو ٣-٤ أسابيع فى حالة الزراعة بالشتل

أما خس الرؤوس ذات المظهر الدهنى — كذلك الخس الورقى — فإنهما يكونان أبكر فى الحصاد عن خس الرؤوس ذات الأوراق القصِمة بنحو أسبوعين إلى ثلاثة أسابيع.

ويقع خس الرومين بين خس الرؤوس ذات الأوراق القصِمة وخس الرؤوس ذات المظهر الدهنى من حيث عدد الأيام التى يلزم مرورها حتى يصبح النبات جاهزًا للحصاد.

وتتحدد مرحلة النمو المناسبة لحصاد الخس الرومين بعدد الأوراق فى الرأس ومدى تكون الرأس، فالرؤوس الشديدة التفكك هى رؤوس غير مكتملة التكوين، بينما تكون الرؤوس الشديدة الصلابة زائدة التكوين بالنسبة للحصاد وتحتوى الرؤوس غير المكتملة التكوين على أقل من ٣٠ ورقة قبل التقليم، بينما تحتوى الرؤوس المكتملة التكوين المناسبة للحصاد على ٣٥ ورقة، وتكون أكثر حلاوة وأقل مرارة عن الرؤوس الزائدة التكوين ويؤدى التقليم الزائد للرؤوس إلى الإبقاء على الأوراق الداخلية الغضة الخضراء الفاتحة اللون فقط، وهى ما تعرف بقلوب الرومين romaine hearts

ومن أهم علامات النضج فى مجاميع الخس المختلفة ما يلى:

١- خس لرؤوس ذات الأوراق النضرة السهلة التقصف Crisphead (القصِمة) (الآيس برج)

أهم علامات النضج هى صلابة الرؤوس واندماجها

وتقسم شدة الصلابة فى خس الرؤوس ذات الأوراق القصمة إلى الدرجات التالية (عن Kader وآخرين ١٩٨٥)

درجة الصلابة	خصائص الرؤوس بعد الحصاد
أ- طرية .. لم تتكون الرأس	أكثر قابلية للإصابة بالأضرار الفيزيائية. ويرتفع فيها معدل التنفس عما فى الرؤوس الأكثر اكتمالاً وغير صالحة للتسويق.
ب- قليلة الصلابة .. الرأس متكونة قليلاً	يرتفع فيها معدل التنفس
جـ - صلبة . لرأس متكونة جيدًا والكثافة مثالية	ذات قدرة تخزينية عالية.
د- صلبة جدًا عالية الكثافة ولكن عروقها غير متشققة	أكثر قابلية للإصابة بالتبقع الصدئ ولعرق الوردى، وغيرها من العيوب الفسيولوجية، وتقل قدرتها التخزينية.
هـ - شديدة الصلابة يوجد بها عروق متشققة	تقل فيها القدرة التخزينية بسبب وجودها فى مرحلة متقدمة من النمو، ويصعب تبريدها أوليًا بطريقة التفريغ

٢- خس اللاتوجا التفاف الأوراق حول بعضها البعض بصورة جيدة

٣- خس الرومين امتلاء الرأس وكبر حجمها

٤- الخس الورقى وصول النبات إلى أكبر حجم له، أو قبل ذلك فى حالة ارتفاع الأسعار

وتجب – دائمًا – مراعاة عدم تأخير الحصاد عن الموعد المناسب، لأن ذلك يؤدى إلى تصلب الأوراق. واكتسابها طعمًا مرًّا بمجرد اتجاهها نحو الإزهار

هذا وتتحدد صلاحية خس الرؤوس الآيس برج للحصاد بمدى اندماجها، فلا يجب أن تكون مفككة ولا شديدة الإندماج، علمًا بأن الأخيرة تظهر بها بعض المرارة. ولا تكون هى الأنسب للتخزين

وبعد تقليم الأوراق الخارجية المغلفة للرأس فإن أوراق الرأس يجب أن تكون بلون أخضر زاهٍ وممتلئة وقصمة crisp

ويجب أن تكون الأوراق المتبقية بعد تقليم رؤوس الخس الرومين ذات لون أخضر زاهٍ إلى داكن،وقد يشوبها بعض الاحمرار في أصناف الرومين الحمراء ويجب أن تكون الأوراق ممتلئة وقصمة وخالية من الإصابات الحشرية والمرضية والأضرار الميكانيكية. وتتباين أصناف الرومين في حلاوتها ومرارتها (Cantwell & Suslow ٢٠٠٧)

وتزداد قدرة الخس الدهنى المظهر butterhead على التخزين كلما كان الحصاد في مرحلة أكثر تقدمًا من تكوين الرؤوس (Barg وآخرون ٢٠٠٩).

هذا .. إلاّ أن التغير اللونى إلى الوردى (pinking) فى الخس – عمومًا – يزداد – كذلك – بزيادة درجة اكتمال تكوين الرؤوس (Hilton وآخرون ٢٠٠٩)

وتجدر الإشارة إلى أن جودة خس الرؤوس الدهنى المجهز للمستهلك fresh-cut يتأثر بمستوى التغذية بالكالسيوم فى المحاليل المغذية قبل الحصاد (León وآخرون ٢٠٠٧).

ومن جهة أخرى فقد أدت معاملة حقول الخس قبل الحصاد بـ "الجيل الثانى لمنتج الهاربن" (2G-Harpin) بمعدل ٢٨٠-٤٢٠ جم للهكتار (١١٨-١٧٦ جم للفدان) إلى تحسين نوعية الخس الذى يجهز للمستهلك fresh-cut من الحقل المعامل، حيث انخفض فيه الحمل الميكروبى خلال فترة التخزين على ١-٣°م لمدة ٢٠ يومًا. وقد ازدادت قدرة تضادية الأكسدة فى الخس المعامل بنحو ٤٠٪ عما فى معاملة الكنترول (Fonseca وآخرون ٢٠٠٩).

الحصاد

يجرى الحصاد إما يدويًا أو آليًا

يجرى الحصاد اليدوى بقطع ساق النبات بسكين حاد أسفل سطح التربة بقليل، ويحدد مكان القطع بحيث تترك الأوراق المسنة الصفراء والأوراق القديمة الخضراء على

سطح التربة، ويلى ذلك تشذيب الرأس والتخلص من أى أوراق أخرى خارجية غير جيدة المظهر وفى الولايات المتحدة يُحتفظ بنحو ٥-٧ أوراق خارجية فى الرؤوس التى تعبأ فى الكراتين دونما تغليف، بينما يكتفى بترك ورقة خارجية واحدة أو اثنتان عندما يعبأ الخس مغلفًا

ويجرى الحصاد الآلى بواسطة آلات كبيرة تقوم بإجراء عمليتى الحصاد والتعبئة فى صناديق بلاستيكية أثناء سير الآلة فى الحقل. وتعتمد بعض الآت حصاد الخس على أشعة إكس لتحديد مدى صلابة الرؤوس كدليل على اكتمال النمو، وهى طريقة أكثر دقة من طريقة الجس اليدوى

حصاد المِسكَلن

إن المِسكَلن Mesclun كلمة فرنسية تعنى سلطة، وهو عبارة عن خليط من الأوراق غير المكتملة التكوين لعديد من الأنواع النباتية ويجد المِسكَلن رواجًا فى كل من فرنسا وإيطاليا وقد يدخل ضمن مكونات المِسكَلن ما يلى الخس الرومين الأخضر والأحمر، والخس الورقى المشرشر، والخس الورقى الأخضر والأحمر من طراز ورقة البلّوط، والهندباء، والشكوريا، والسبانخ، وأوراق البنجر، والسلق السويسرى الأحمر وتكون زراعة المحاصيل المختلفة — عادة — فى سطور مستقلة على قمة مصاطب. بينما تزرع أصناف الخس مخلوطة معًا

ونظرًا لأن المِسكَلن يتكون من أوراق صغيرة جدًّا لا يتعدى طولها ١٠-١٢سم، لذا فإنها يجب أن تحصد يدويًّا بعناية باستعمال سكين أو محش وعادة .. يحصد كل صنف أو طراز من الخس أو محصول ورقى منفردًا ويعبأ منفردًا ولكن قد يحدث فى حالات أخرى أن تزرع تلك الأصناف والطرز والمحاصيل مختلطة، وقد تزرع أصناف الخس فقط مختلطة بينما تزرع المحاصيل الأخرى منفردة يجرى الحصد أعلى منطقة التاج لكى تتمكن النباتات من معاودة نموها وإنتاج محصول جديد من الأوراق، بما يسمح بإعادة حشها مرتين أو ثلاث مرات (عن Ryder ١٩٩٩)

التنفس وإنتاج الإثيلين

يتباين معدل تنفس الخس حسب درجة الحرارة، كما يلي:

الحرارة (°م)	معدل التنفس (ملليلتر ثاني أكسيد كربون/كجم في الساعة)
صفر	٣-٨
٥	٦-١٠
١٠	١١-٢٠
١٥	١٦-٢٣
٢٠	٢٥-٣٠

ويُنتج الخس الإثيلين بمعدل شديد الانخفاض، حيث يقل عن ٠,١ ميكروليتر/كجم في الساعة، إلا إنه يعد شديد الحساسية للإثيلين إذا تعرض له من مصدر خارجي؛ الأمر الذي سنتناوله بالتفصيل في موضع لاحق من هذا الفصل.

التداول

التجهيز والتعبئة

تجب المحافظة على المنتج نظيفًا وخاليًا من التربة. ويتم تداول الخس بعناية شديدة نظرًا لسهولة تقصف أوراقه وخدشها.

تستبعد الرؤوس غير الصلبة، والمصابة بالأمراض، وتقلم الرؤوس الأخرى بحيث لا يتبقى بكل منها سوى ورقتين فقط من الأوراق المغلفة. يعبأ الخس غالبًا في كراتين، تتسع كل منها لأربعة وعشرين رأسًا. ترتب الرؤوس في طبقتين، بحيث تتجه سيقانها نحو الخارج تجرى التعبئة عادة في الحقل، ولا يضاف الثلج المجروش إلى العبوات.

ويجب أن تكون الأغشية المبطنة للكراتين التي يعبأ فيها الخس مثقبة أو منفذة للغازات حتى لا يصبح الجو الداخلي فيها ضارًا بالرؤوس من جرّاء تراكم ثاني أكسيد الكربون واستهلاك الأكسجين بالتنفس.

الغسيل

يتبين مما تقدم أن الخس المكون للرؤوس – مثل الآيس برج وذات الأوراق ذات المظهر الدهني – لا يغسل قبل تبريده أوليًا وتخزينه، ولكنه قد يبرد أوليًا – أحيانًا – بالغمر في الماء المثلج، كما قد يبلل أحيانًا بالماء قبل تبريده أوليًا بالتفريغ

ولقد وجد أن غسيل خس الرومين جيدًا بماء نظيف مع استعمال نسبة منخفضة من الخس إلى الماء (١ ١٥٠ مقارنة بنسبة ١ . ٢٠) أعطى أفضل النتائج فيما يتعلق بتكوين الروائح غير المرغوب فيها أما الخس الذى لم يُعط معاملة الغسيل، وذلك الذى استعمل في غسيله ماء سبق استعماله في الغسيل، فقد احتوى في نهاية فترة التخزين (٥°م لمدة ١٤ يومًا) على أعداد من بكتيريا حمض اللاكتيك تزيد بمقدار ٠,٨ إلى ١,٦ لو cfu/جم عما كان عليه الحال في الخس الذى غسل بماء نظيف (Luo ٢٠٠٧)

وجدير بالذكر أن التلوث بالبكتيريا *E coli* O157:H7 يمكن أن يحدث أيًا كانت طريقة الرى، ولا يؤدى غمر الخس لمدة دقيقة في ماء يحتوى على ٢٠٠ جزء في المليون من الكلورين إلى التخلص التام من تلك البكتيريا (Solomon وآخروم ٢٠٠٢)

ولقد وجد أن معاملة الخس بالماء المكلور (الذى يحتوى على ١٠٠، أو ١٥٠، أو ٢٠٠ جزءًا في المليون من الكلورين النشط) لمدة ٢٠ دقيقة – كطريقة للتبريد المبدئى – أدت إلى خفض أعداد الميكروبات التى تلوث الخس سطحيًا بنسبة ٩٠٪–٩٩٪ وعندما كانت المعاملة بالماء المذاب فيه الأوزون Ozonated Water (بتركيز ١–١,٥ مجم أوزون/لتر) على ٤°م لمدة ٣٠ دقيقة انخفض التلوث الميكروبى بنسبة ٩٩٪، بينما أدت معاملة الأوزون لمدة ٦٠ دقيقة إلى خفض أعداد البكتيريا من الـ coliforms بنسبة ٩٩,٩٪ وقد ازدادت قدرة الأوزون على الذوبان مع الانخفاض في حرارة الماء، لذا تعد هذه المعاملة مناسبة تمامًا لإجراء عملية التبريد الأولى بالماء البارد، أما المعاملة بالموجات فوق الصوتية أثناء الغسيل بالماء فلم يزدد معها الخفض في أعداد الميكروبات عن ٩٠٪ (Kim وآخرون ١٩٩٩)

التبريد الأولى

يجب تبريد الخس أوليًا إلى ١°م بعد تعبئته مباشرة، ويتم ذلك – عادة – بطريقة التعريض للتفريغ vacuum cooling داخل أنبوبة ضخمة من الصلب، تتسع لنحو ٣٢٠ كرتونة، تتعرض فيه الرؤوس لتفريغ سريع يؤدى إلى خفض درجة حرارتها إلى أقل من ١°م في أقل من نصف ساعة. وهى أسرع وأكثر كفاءة من التبريد بالغمر فى الماء المثلج. ويفيد رش رؤوس الخس بالماء فى سرعة تبريدها بالتفريغ، وخاصة إذا كانت جافة وحرارتها تزيد عن ٢٤°م ويتعين أن تكون الكراتين والأغشية المبطنة لها مثقبة بالقدر الذى يسمح بالنفاذ السريع لبخار الماء عند التعريض للتفريغ. وعلى الرغم من أن التبريد بالتفريغ يعنى فقد بعض الرطوبة من الخس فإنه لا يؤدى إلى ذبول الأوراق. ويلى التبريد المبدئى مباشرة نقل الكراتين إلى المخازن أو الشاحنات المبردة.

وقد وجد أن تبريد الخس أوليًا – بالتفريغ – إلى ٢°م أدى إلى احتفاظه بجودته بصورة أفضل عندما خزن بعد ذلك على الصفر المئوى ورطوبة نسبية ٨٥٪–٩٠٪ لمدة أسبوعين، وكان التبريد أوليًا إلى ٢°م أفضل من التبريد إلى ٤°م. كذلك قل الفقد فى الوزن عد تعبئة الخس – بعد تبريده أوليًا – فى أغشية من البوليثيلين المثقب مقارنة بالفقد عندما ترك الخس دونما تغليف (Turk & Celik ١٩٩٤).

وقد أدى خفض الضغط تدريجيًا بصورة معتدلة – عند تبريد الخس أوليًا تحت تفريغ – إلى تحقيق أكبر قيم لكل من صلابة الأنسجة ومحتوى حامض الأسكوربيك والكاتاليز، وذلك مقارنة بتلك القيم فى حالة الخفض السريع للضغط. كذلك حافظت معاملة الخفض التدريجى للضغط على سلامة الأغشية الخلوية، مما أدى إلى إعطاء أفضل نوعية وزيادة فترة الصلاحية للتخزين (He وآخرون ٢٠٠٤).

وإن لم تتوفر إمكانيات تبريد الخس أوليًا تحت تفريغ، فإنه يمكن تبريده بطريقة الدفع الجبرى للهواء، مع بل المنتج جيدًا بالماء النظيف قبل تعريضه للمعاملة

تغليف الرؤوس

ينبغى توفر عدة شروط فى الأغشية التى تستعمل فى تغليف رؤوس الخس، وهى التى تعرف باسم film wraps فالغشاء يجب أن يكون شبه منفذ للسماح بتبادل الغازات (الأكسجين وثانى أكسيد الكربون)، وبمرور بخار الماء إلى الخارج لأجل منع نمو الكائنات المسببة للأعفان. هذا إلاّ أن النفاذية الزائدة يمكن أن تسمح بمرور الرطوبة بمعدلات عالية، مما يؤدى إلى ذبول المنتج ويجب أن يكون الغشاء ناعمًا ليعطى إحساسًا مريحًا للمستهلك، وذلك على خلاف الأنواع الأولى من الأغشية، وهى التى كانت قاسية وسهلة التشقق.

ويفضل إجراء التغليف قبل الشحن، وليس فى مكان الوصول، حيث يحقق ذلك المزايا التالية.

١- تتم إزالة ٢٠٪-٣٥٪ من وزن الرأس قبل تغليفها، وفى ذلك خفض لتكاليف الشحن.

٢- لا تكون الرؤوس شديدة التزاحم فى العبوات، وبذا تقل فرصة خدشها وتجريحها.

٣- يوفر الغشاء مزيدًا من الحماية للرؤوس.

٤- لا تكون هناك حاجة للتخلص من الأوراق المجروحة والمكسورة، ولا لإجراء التغليف فى مكان الوصول (Ryder ١٩٩٩)

وعندما كان تخزين الخس على ٢°م لمدة أسبوعين ثم على ١٢°م لمدة يومين ونصف اليوم . حُصل على أفضل النتائج (من حيث الجودة، وعدم الذبول، وقلة الأعفان، وقلة الإصابة بالتبقع الصدئ والعرق الوسطى الوردى) عندما برد الخس مبدئيًا بالتفريغ، ثم عُبِّئ إما فى أكياس من البولى إيثيلين بسمك ٤٠ ميكرونًا تكفل تهيئة جو معدل مناسب، وإما فى أغشية من البروبلين بسمك ٣٠ ميكرونًا مع بداية التخزين فى هواء يحتوى على ما لا يقل عن ٥٪ أكسجين، وخال من ثانى أكسيد الكربون (Artés & Martinez ١٩٩٦، و Martinez & Artés ١٩٩٩).

معاملات يعطاها الخس لتحسين الجودة والقدرة على التخزين

معاملة منظمات النمو لتأخير الشيخوخة

أظهرت الدراسات أن رش الخس بالبنزيل أدنين بتركيز ٥-١٠ أجزاء فى المليون قبل الحصاد يؤخر من شيخوخته - بعد الحصاد - لمدة ٧ أيام إضافية بعد التعبئة، إلا أن تأخير المعاملة لأكثر من ٣-٤ أيام قبل الحصاد جعلها عديمة الفاعلية هذا ولا تتأثر بالمعاملة سوى الأوراق التى يصلها محلول الرش حيث تبقى خضراء اللون بينما يظهر الاصفرار على الأوراق الخارجية المماثلة فى نباتات الكنترول وتزداد فاعلية السيتوكينين عند تخزين الخس فى حرارة عالية لفترة طويلة

كذلك فإن للمعاملة بالبنزيل أدنين بعد الحصاد تأثير مماثل فى تأخير الشيخوخة، وتجرى المعاملة بتركيز ٢,٥-١٠,٠ أجزاء فى المليون بعد الحصاد بيوم واحد ليس هذا فقط، بل أن منظم النمو يمكن استعماله بعد التخزين وقبل عرض الخس بالأسواق حيث يحفظ الرؤوس من سرعة التدهور والاصفرار (عن Weaver ١٩٧٢)

معاملات منع التلون البنى للسطح المقطوع من ساق الخس

يكتسب سطح الجزء المقطوع من ساق الخس لونًا بنيًا بعد الحصاد بسبب التغيرات التى تحدثها الجروح فى أيض الفينولات ونجد أن أنسجة الساق القريبة من مكان القطع يزداد فيها نشاط إنزيم PAL ويتراكم فيها مشتقات حامض الكافيّك خلال أسبوع واحد من تخزين الخس على ٢,٥ °م، ثم تتأكسد هذه الداى فينولات بفعل الإنزيم catechol oxidase لتكون صبغات بنية اللون

ومن أهم مشتقات حامض الكافيّك التى تتكون إنزيميًا ما يلى:

3-Caffeoylquinic (neochlorogenic acid)

Caffeoyltartaric acid

4-Caffeoylquinic acid (kryptochlorogenic acid)

5-Caffeoylquinic acid (chlorogenic acid)

p-Coumaroylquinic acid)
Feruloylquinic acid
Dicaffeoyltartaric acid
3,4-Dicaffeoylquinic acid.
3,5-Dicaffeoylquinic acid (isochlorogenic acid)
4,5-Dicaffeoylquinic acid.

ويُستفاد من دراسات Castaner وآخرين (١٩٩٦، و ١٩٩٧) أن معاملة الخس بالخل، أو بـ ٥٠ مل من حامض الأسيتيك/لتر، أو بحامض البروبيونيك يوقف التلون البنى فى السطح المقطوع لساق الخس أثناء التخزين والتداول التجارى

كذلك أمكن الحد من التلون البنى بغسيل أقراص من الساق بأى من المحاليل ٠.٣ مولار كلوريد الكالسيوم، أو ١٠ مللى مولار ٢،٤-د أو ٠،٥ مولار حامض الخليك وأدى كلوريد الكالسيوم إلى خفض نشاط إنزيم الـ PAL إلى ٦٠٪ من الكنترول، ولكنه لم يؤثر كثيرًا على تراكم المركبات الفينولية وربما أحدث الكالسيوم تأثيره من خلال خفضه لنشاط إنزيم الكاتيكول أكسيديز هذا بينما أدى حامض الخليك إلى وقف نشاط إنزيم PAL كلية، وكذلك وقف إنتاج الفينولات التى تحدثها الجروح، وكان تأثير الحامض على إنزيم الـ PAL دائمًا، الأمر الذى قد يفسر دوره فى تثبيط التلون البنى (Tomás-Barberán وآخرون ١٩٩٧أ).

ونتناول هذا الموضوع بمزيد من التفصيل تحت موضوع الخس المجهز للمستهلك

المعاملة بالـ 1-MCP

أدى تعريض رؤوس الخس الآيس برج الكاملة أو أوراقها للـ 1-methylcyclopropene (اختصارًا 1-MCP) إلى إحداث خفض جوهرى فى محتواها من المركبات الفينولية، كما أحدثت خفضًا فى التغيرات اللونية للأنسجة من تلك التى تُستحث بالتعريض للإثيلين بتركيز ميكروليتر واحد/لتر على ٥°م ولقد كانت المعاملة بتركيز ٠،٥ ميكروليتر/لتر من الـ 1-MCP بنفس درجة فاعلية المعاملة بتركيز ميكروليتر

واحد/لتر، كما كانت المعاملة لمدة ٣ ساعات بنفس درجة فاعلية المعاملة لمدة ٢٤ ساعة على ٥°م. هذا إلا أن المعاملة بالـ 1-MCP لم تؤثر فى الزيادة فى المحتوى الفينولى الذى يُستحث بواسطة الجروح (Saltveit ٢٠٠٤)

معاملة التعريض المؤقت لهواء شبه خالٍ من الأكسجين

أدت معاملة الخس بتركيزات شديدة الانخفاض ultralow من الأكسجين (٠,٠٠٣٪) إلى موت أكثر من ٩٩,٦٪ من أفراد التربس التى تواجدت عليه فى خلال يومين على ١٠°م، وقد أعطت المعاملة لمدة ثلاثة أيام على ٥°م ولمدة أربعة أيام على ١°م نتائج مماثلة، ولم تُحدث أى منها أضرارًا بأوراق الخس الخارجية، إلاّ أن نحو ٩٪–٣٣٪ من الرؤوس ظهرت بها أضرارًا فى أوراق القلب وكانت أقل الأضرار فى أوراق القلب هى عند المعاملة لمدة يومين على ١٠°م، وازدادت الأضرار بزيادة مدة المعاملة وعمومًا كانت أنسجة الأوراق الداخلية المضارة أقل من ٢ جم/رأس، ووجدت اختلافات بين الأصناف فى مدى حساسيتها للمعاملة، حيث لم تُظهر أربعة أصناف من بين ثمانى أصناف تم اختبارها أية أضرار بعد معاملة الرؤوس لمدة يومين على ١٠°م (Liu ٢٠٠٨).

التخزين

التخزين المبرد العادى

يخزن الخس فى درجة الصفر المئوى، مع رطوبة نسبية تزيد عن ٩٥٪، حيث يمكن أن تحتفظ الرؤوس بجودتها تحت هذه الظروف لمدة ٣–٤ أسابيع، بشرط أن تكون بحالة جيدة عند بدء تخزينها. كما يمكن تخزين الخس على ٥°م لمدة أسبوعين بحالة جيدة، ما لم يتعرض للإثيلين من مصادر خارجية ويؤدى ارتفاع حرارة التخزين، أو نقص الرطوبة النسبية عن الحدود المبينة إلى سرعة تدهور الرؤوس، حيث تذبل الأوراق، وتفقد لونها الأخضر الزاهى، وتظهر بها بقع بنية اللون، خاصة على العرق الوسطى.

وتجدر الإشارة إلى أن مدة احتفاظ الخس بجودته أثناء التخزين تتضاعف بخفض درجة الحرارة من ٣°م إلى الصفر المئوى؛ ويرجع ذلك إلى أن سرعة التنفس تزيد بشدة فى الخس مع ارتفاع درجة الحرارة عن الصفر المئوى وتختلف الأصناف فى هذا الشأن؛ فنجد أن معدل التنفس فى الخس الورقى يبلغ ضعف معدل التنفس فى خس الرؤوس ويجب عدم تعريض الخس لدرجة التجمد فى أى وقت أثناء التخزين، علمًا بأن الخس يمكن أن يتجمد على -٠,٢°م (Lutz & Hardenburg ١٩٨٦) ويظهر أثر التجمد على صورة مساحات مائية المظهر بالأوراق، تصبح زلقة وسريعًا ما تتدهور بعد التفكك

تبدأ الإصابة بالعفن الطرى البكتيرى فى الأجزاء المجروحة من الأوراق، ولكن معدل الإصابة ينخفض كثيرًا فى درجة الصفر المئوى

هذا ويجب عدم تخزين الخس مع الثمار المنتجة للإثيلين، مثل التفاح، والكمثرى، والكنتالوب، لأن الإثيلين يؤدى إلى إصابة الخس بالتبقع الصدئ

التخزين المبرد فى الجو المتحكم فى مكوناته

يفيد تخزين الخس فى هواء متحكم فى مكوناته يحتوى على ٣٪ أكسجين، و ١,٥٪ ثانى أكسيد كربون فى المحافظة على جودته، ومنع إصابته بالتبقع الصدئ والعرق الوردى ويؤدى انخفاض تركيز الأكسجين عن ١٪ أو زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون عن ٢,٥٪ إلى الإضرار بالخس تؤدى التركيزات العالية من ثانى أكسيد الكربون إلى تكون الصبغة البنية بعد نقل الخس — عند تسويقه — إلى ١٠°م فى الهواء وتزداد شدة تكون الصبغة البنية عند انخفاض نسبة الأكسجين إلى ٢٪-٣٪. وتؤدى زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون إلى ٢٪ إلى تقليل الفاقد بالأعفان عند شحن الخس أو تخزينه لأكثر من شهر ونظرًا لأن هذه الميزة تفوق احتمالات حدوث الأضرار؛ لذا يوصى — عند الرغبة فى تخزين الخس لفترات طويلة — زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون إلى ٢٪

ويوصى Saltveit (١٩٩٧) بتخزين وشحن الخس على حرارة -٥°م فى هواء يحتوى

على ١٪–٣٪ أكسجين، وصفر٪ ثانى أكسيد كربون أما الخس المقطع فيفضل تخزينه فى هواء يحتوى على ١٪–٥٪ أكسجين، و ٥٪–٢٠٪ ثانى أكسيد كربون وبينما تطبق تلك التوصيات تجاريًا بدرجة متوسطة فقط (فى الولايات المتحدة) على خس الرؤوس ذات الأوراق القصمة والخس الورقى، فإنها تطبق على نطاق واسع بالنسبة للخس المجهز للاستهلاك بالتقطيع

وقد وجد أن وقت حصاد الخس من اليوم يؤثر فى حساسية الخس للتركيزات العالية من ثانى أكسيد الكربون بعد الحصاد، وتبين أن ذلك الأمر يرتبط بمحتوى الأوراق من المواد الكربوهيدراتية الذى يتباين على مدار الساعة ففى دراسة أجريت على صنف الخس Salinas (وهو من طراز خس الرؤوس ذى الأوراق القصمة) ازداد محتوى الأوراق الخارجية من النشا عندما أجرى الحصاد قبل الظهر عما كان عليه الحال عندما أجرى الحصاد بعد الظهر، ولكنه لم يتغير فى الأوراق الأخرى كان تركيز السكروز أقل من ٥ مجم/جم وزن جاف قبل الظهيرة، ولكن الأوراق الخارجية، والورقة رقم ٢٠، ونسيج الساق كان تركيز السكروز فيها بعد الظهر ٤٣، و ٢٤، و ٦١مجم/جم وزن جاف، على التوالى. وفى المنتج الذى تم حصاده قبل الظهر ازداد محتوى الجلوكوز بمقدار ٧٠٪–٢٦٠٪، والفراكتوز بمقدار ٢٠٪–١٢٠٪ عما فى المنتج الذى تم حصاده بعد الظهر وكان تركيز الجلوكوز والفراكتوز أعلى ما يمكن فى الورقة رقم ١٠ (١١٠، و ١٢٠ مجم/جم وزن جاف، على التوالى)، وانخفض بنسبة ٢٠٪–٥٠٪ فى الأوراق الداخلية والخارجية وأدى تعريض الخس لتركيز ٧.٥٪ أو ١٠٪ من ثانى أكسيد الكربون لمدة ١٢ يومًا على ٢.٥°م ثم تعريضه للهواء لمدة ٣ أيام على ١٠°م إلى زيادة شدة الأضرار فى المنتج الذى تم حصاده فى الصباح عما فى المنتج الذى كان حصاده بعد الظهر، وكانت الأضرار محصورة فى الأوراق بين رقم ٧ ورقم ١٧، إلاّ أن أشد الأضرار كانت فى الأوراق من رقم ١٠ إلى رقم ١٥ (Forney & Austin ١٩٨٨)

وقد كان الفقد فى الوزن ومعدل التنفس أقل ما يمكن عندما كان التخزين فى هواء يحتوى على ٣٪ أكسجين، و ٣٪ ثانى أكسيد كربون، واعتبرت تلك النسب – وكذلك

النسب ٥٪ أكسجين، و ٥٪ ثانى أكسيد كربون – هى أفضل الظروف لتخزين الخس (Eris وآخرون ١٩٩٤)

وأدى التخزين فى ١,٥٪ أكسجين – مقارنة بالتخزين فى الهواء العادى – إلى خفض الإصابة بالتبقع الصدئ – الذى يحدثه الإثيلين – بشدة، وكان ذلك مصاحبًا بخفض فى نشاط إنزيمى الـ PAL والـ IAA oxidase، وفى محتوى الفينولات الذائبة كذلك أدى المستوى المنخفض للأكسجين إلى تثبيط إنتاج الإثيلين، ومعدل التنفس، ونشاط إنزيم البولى فينول أوكسيديز (Ke & Saltveit ١٩٨٩)

إلاّ أن تخزين الخس لمدة ثلاثة أسابيع على ١°م فى هواء متحكم فى مكوناته (٣٪ ثانى أكسيد كربون + ٥٪ أكسجين، أو ١٠٪ ثانى أكسيد كربون + ١٠٪ اكسجين)، ثم لمدة ٢٤ ساعة على ٥°م فى الهواء العادى أدى إلى إحداث زيادة كبيرة فى الفينولات الكلية وفى نشاط كل من البولى فينول أكسيديز (الكايتكول أكسيدين) والبيروكسيديز، وانخفاض محتوى حامض الأسكوربيك بمقدار ٩٠٪ من محتواه الابتدائى (Leja وآخرون ١٩٩٦)

العيوب الفسيولوجية المصاحبة لظروف التخزين غير المناسبة

نتناول بالشرح تحت هذا العنوان العيوب الفسيولوجية التى تظهر برؤوس الخس أثناء التخزين – وهى التى تسببها ظروف تخزينية غير مناسبة – وكيف يمكن الحد من أضرارها

التبقع الصدئ

يعتبر التبقع الصدئ Russet Spotting من العيوب الفسيولوجية الهامة التالية للحصاد، والتى تظهر فى خس الرؤوس من مجموعة الأوراق القصمة Crisphead، وهو أحد أعراض الشيخوخة الهامة تظهر الإصابة فى شكل بقع صغيرة، بقطر ١–٤ مم بيضاوية، أو غير منتظمة الشكل وغائرة قليلاً ذات لون رمادى مائل إلى الأحمر، أو أسمر

ضارب إلى الصفرة، أو زيتونية اللون على السطح السفلى للعرق الوسطى، وخاصة على امتداد جانبى العرق الوسطى.

وقد أظهرت الدراسات التشريحية ازدياد فى سمك الجدر الخلوية وتغير لون الخلايا فى أماكن الإصابة (عن Ke & Saltveit ١٩٨٩ب).

ويعد تواجد الإثيلين فى الجو المحيط بالخس هو العامل الأساسى فى ظهور تلك الحالة التى تتناسب شدتها طرديًا مع تركيز الإثيلين. ويمكن أن يتعرض الخس للإثيلين فى الحقل، وأثناء التداول، والشحن، وفى أسواق الجملة والتجزئة، وفى المنازل. ويكفى التعرض لتركيز ٠,١ جزء فى المليون من الإثيلين خلال فترة ٥–٨ أيام لحدوث الظاهرة. هذا كما أن التعرض للإثيلين يُسرع من الوصول إلى حالة الشيخوخة. ومن بين العوامل الأخرى التى تُسرع من حدوث الظاهرة تأخير الحصاد، والتعرض لحرارة تزيد عن ٥°م، وارتفاع الحرارة نهارًا إلى ٣٠°م أو أكثر لمدة يومين متتاليين خلال الفترة التى تسبق الحصاد بنحو ٩–١٤ يومًا، وزيادة طول الفترة من الحصاد إلى الاستهلاك، فضلاً عن تباين الأصناف فى حساسيتها للظاهرة.

وعلى الرغم من أن إنتاج الخس السليم من الإثيلين منخفض للغاية (٠,٠١ ميكروليتر/كجم فى الساعة)، فإن معدل إنتاج الإثيلين يزداد بشدة لدى تعرض الخس للأضرار الفيزيائية، أو إصابته بالأمراض، أو تعرضه لمصدر خارجى من الإثيلين. ولعل أكبر مصدرين للإثيلين الخارجى هما الرافعات الشوكية – التى تعمل بوقود البروبين – فى المخازن الباردة، وحجرات التخزين المؤقت فى أسواق التجزئة حيث يتوفر الغاز من الثمار الناضجة المخزنة معه (Morris وآخرون ١٩٧٨).

وقد درس Ke & Saltveit (١٩٨٩أ) الإصابة بالتبقع الصدئ فى العرق الوسطى لستة أصناف من الخس خزنت على ٥°م مع التعرض للإثيلين بتركيز ١٠ ميكروليتر/لتر، ووجد أن حالة التبقع الصدئ بدأ ظهورها فى الأوراق التى كانت بعمر ٥٠ يومًا وازدادت مع زيادة عمر الأوراق حتى ١٠٠ يوم. وقد كانت أكثر الأصناف

قابلية للإصابة Winter Haven ، و Salinas وأكثرها مقاومة Calmar ، كما وجد ارتباط بين شدة الإصابة (فى مختلف الأصناف ومختلف أعمار الأوراق) ونشاط إنزيم الـ Phenylalanine ammonia-lyase.

ومن الدراسات التى أجريت على علاقة الإثيلين، والأكسجين وثانى أكسيد الكربون بالظاهرة، ما يلى:

ظهرت حالة التبقع الصدئ russet spotting عند تواجد الإثيلين فى هواء المخزن، ولو بتركيزات منخفضة وصلت إلى ٠,١ ميكروليتر/لتر، ووصلت الحالة إلى أقصى مداها فى تركيز ١٠ ميكروليتر/لتر على ٣°م هذا بينما أدى خفض تركيز الأكسجين فى هواء المخزن إلى ٨٪، أو زيادة تركيز الأكسجين إلى ٥٪ – أو إلى أعلى من ذلك – إلى منع ظهور هذه الحالة الفسيولوجية وعمليًا لا يجب استعمال التركيزات المرتفعة من ثانى أكسيد الكربون لأنها تحفز ظهور الصبغة البنية (عن Lougheed ١٩٨٧).

وأدت معاملة الخس بالإثيلين بتركيز ١٢٦ ميكرومول/م٣ على ٦°م إلى ظهور أعراض التبقع الصدئ على ٥٪–١٠٪ من نسيج العرق الوسطى بحلول اليوم الثالث من بدء المعاملة بالإثيلين، وعلى ٣٠٪–٣٥٪ بحلول اليوم التاسع، بينما أدت المعاملة السابقة لمعاملة الإثيلين بالمركب 1-methylcyclopropene وهو مثبط لفعل الإثيلين – لمدة ٤ ساعات على ٦°م إلى منع ظهور أعراض التبقع الصدئ (Fan & Mattheis ٢٠٠٠).

ومن الدراسات التى أجريت حول التغيرات الفسيولوجية المصاحبة للظاهرة ما يلى:

وُجد أن الإثيلين يؤدى إلى زيادة نشاط إنزيم PAL فى الصنف الحساس ساليناس، بينما لم تكن للمعاملة بالغاز أى تأثير على الصنف كالمار المقاوم للظاهرة

كما وجد Ke & Saltveit (١٩٨٦) أن معاملة الخس أيسبرج بالكالسيوم بتركيز ٣٠–

٠,٥ مول، أو بالأوكسين ٢،٤-د 2,4-D بتركيز ٠,١-١,٠ مللى مول تمنع ظهور الظاهرة. وتقلل جوهريًا من نشاط إنزيم PAL فى الأوراق

وأدى تخزين خس الآيس برج فى ٠,٥ ١٪ اكسجين – مقارنة بالهواء العادى – إلى إحداث تثبيط شديد فى الإصابة بالتبقع الصدئ (الذى يسببه التعرض للإثيلين)، وكذلك إلى تثبيط نشاط PAL، والبيروكسيديز، والـ IAA oxidase، وإلى خفض محتوى الفينولات الذائبة كذلك فإن المستوى المنخفض من الأكسجين ثبط كلا من إنتاج الإثيلين والتنفس (Ke & Saltveit ١٩٨٩ب)

كذلك أدى تعريض أوراق الخس للإثيلين على ١٥ أو ٢٠°م إلى سرعة وصول نشاط إنزيم PAL إلى أقصى معدل له ولكن على مستوى من النشاط أقل مما كان عليه الحال على ٥°م وقد توافقت الزيادة فى نشاط PAL مع تراكم فى الفينولات الذائبة الكلية والإصابة بالتبقع الصدئ (Ritenour وآخرون ١٩٩٥).

وارتبطت المستويات النهائية لكل من نشاط الـ PAL وشدة الإصابة بالتبقع الصدئ محدثتان بفعل الإثيلين ارتبطتا بشدة فى مختلف الأصناف، وظروف التخزين، ومواعيد الحصاد. وفى المقابل كان الارتباط ضعيفًا بين محتوى إندول حامض الخليك الحر فى العرق الوسطى للأوراق وشدة الإصابة النهائية بالتبقع الصدئ فى مختلف الأصناف، وظروف الزراعة، ومواعيد الحصاد، كذلك لم يرتبط تطور تكوين البراعم الجانبية جوهريًا مع أى من أعراض التبقع الصدئ أو محتوى العرق الوسطى من إندول حامض الخليك الحر (Ritenour وآخرون ١٩٩٦)

ولقد اقترح أن الإثيلين يحفز نشاط إنزيم PAL الذى يؤدى إلى تراكم المركبات الفينولية فى الخلايا، وهى التى تؤدى إلى تلونها ثم موتها. وعلى الرغم من إمكان زيادة أيض المركبات الفينولية بالشدّ الفيزيائى، فإن الأعراض المميزة للتبقع الصدئ لا تظهر إلا بعد تعرض الأنسجة للإثيلين فى الحرارة المناسبة؛ مما يعنى أن للإثيلين تأثيرات أخرى إلى جانب تحفيز أيض الفينولات (عن Peiser ١٩٩٨)

وقد تبين أن أولى مراحل ظهور أعراض التبقع الصدئ تكون مستقلة عن الزيادة التي تحدث في نشاط الـ PAL وفي تمثيل المركبات الفينولية على خلاف ما اقترح سابقًا هذا إلاّ أن تراكم المركبات الفينولية يسهم في التلون البني الذي يظهر بعد ذلك والذي يميز أعراض التبقع الصدئ (Peiser وآخرون ١٩٩٨)

ويرتبط تحفيز الإثيلين لنشاط إنزيم البيروكسيديز peroxidase بزيادة في كل من تكوين اللجنين وسمك الجدر الخلوية، وهي التي تعد أحد مظاهر الإصابة بالتبقع الصدئ هذا . وتتأكسد النواتج الأيضية الأخرى مثل الفلافونات وحامض الكلورجنك – بمساعدة إنزيم البولي فينول أوكسيديز polyphenoloxidase – لتكوين الصبغات البنية (عن Fan & Mattheis ٢٠٠٠)

ولقد أظهرت دراسة على صنفين حسّاسين (هما Salinas، و Red Coach) وآخرين مقاومين (هما El Toro، و Calmar) للتبقع الصدئ عدم وجود ارتبط قوي بين محتوى العرق الوسطي للأوراق من إندول حامض الخليك الحر وشدة الإصابة النهائية بالتبقع الصدئ بعد ثمانية أيام من التخزين على ٥°م (Ritenour وآخرون ١٩٩٦)

وتقل الإصابة بالتبقع الصدئ في الظروف التالية:

١– عند تجنب تراكم الإثيلين في هواء المخزن

٢– عند التخزين على الصفر المئوي

٣– عند انخفاض نسبة الأكسجين في هواء المخزن إلى ١٪–٨٪.

٤– عند زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في هواء المخزن، إلاّ أن ذلك يتسبب في الإصابة بالصبغة البنية.

٥– عند عدم اكتمال تكوين الرؤوس وضعف صلابتها

٦– عند عدم سبق تعرض الرؤوس لأي شدّ بيئي.

٧– في الأصناف غير الحساسة، مثل كالمار (عن Ryder ١٩٧٩، و Lipton ١٩٨٧، و Ritenour وآخرين ١٩٩٥).

هذا ويتعين دائمًا تجنب كل مصادر الإثيلين فى مخازن الخس، وهى الثمار المنتجة للإثيلين (مثل الطماطم والكنتالوب)، والآليات التى تستخدم الوقود الحفرى كمصدر للطاقة (حيث تستبدل بتلك التى تعمل بالبطاريات الكهربائية)

الصبغة البنية

تظهر الحالة الفسيولوجية المعروفة باسم الصبغة البنية Brown Stain على صورة بقع كبيرة غائرة بلون بنى ضارب إلى الحمرة أو إلى الصفرة، قد تزداد دكنة واتساعًا فى المساحة مع الوقت، كما قد تظهر على صورة تخطيط بنى ضارب إلى الحمرة، وذلك على سطح الورقة، أو بالعرق الوسطى فقط بالقرب من قاعدة النصل. كما تتلون حواف أوراق القلب غالبًا باللون الأحمر

وتحدث الإصابة لدى تخزين الخس فى جو متحكم فى مكوناته يزيد فيه تركيز ثانى أكسيد الكربون عن ٣٪، وخاصة فى الحرارة المنخفضة. وتزداد الحالة سوءًا بنقص الأكسجين إلى ٣٪.

وقد ازدادت شدة الإصابة بالتخزين على الصفر المئوى مقارنة بالتخزين على ٢,٥°م.

وتباينت أصناف الخس فى شدة حساسيتها للإصابة بالصبغة البنية، ومن بين ١١ صنفًا تم اختبارها كانت الأصناف Greenland، و Climax، و Francisco أقلها إصابة وإن لم تكن مقاومة (Brecht وآخرون ١٩٧٣).

وأدى خفض مستوى الإثيلين عند تخزين الخس (على صفر أو ٢٠°م) من ميكروليتر واحد/لتر إلى ٠٠٥, ميكروليتر/لتر إلى زيادة فترة صلاحيته للتخزين وتأخير التلون البنى بالأوراق وقد وجد أن مستوى الإثيلين العادى حول الخس المعد للتسويق التجارى يتراوح – عادة – بين ١١, ٠، و ٠,٨٥ ميكروليتر/لتر وقد ازدادت فترة تخزين الخس جوهريًا على كل من الصفر، و ٢٠°م بتعبئته فى أكياس من البوليثيلين لخفض الفقد الرطوبى، مع تزويد العبوات ببرمنجنات البوتاسيوم لأجل خفض مستوى الإثيلين (Kim & Wills ١٩٩٥)

وعلى الرغم من أن تركيز ١٥٪ ثانى أكسيد كربون أحدث أضرارًا بالخس المخزن على الصفر المئوى فى خلال ١٠ أيام من التخزين، فإنه عمل على منع تكون الصبغات البنية. دون أن يكون لذلك علاقة بنشاط الإنزيم Phenylalanine ammonia-lyase ويبدو أن تأثير ثانى أكسيد الكربون كان مرده إلى تثبيطه لإنتاج الفينولات ولنشاط إنزيم البولى فينول أوكسيديز (Siriphanich & Kader ١٩٨٥)

العرق الوردى

يعتبر العرق الوردى Pink Rib حالة فسيولوجية تظهر على صورة تلون وردى فى قاعدة العرق الوسطى للورقة. وتكون الإصابة فى الأوراق الخارجية فقط فى الحالات البسيطة، وتزداد – فى الحالات الشديدة – لتشمل كل أوراق النبت فيما عدا الأوراق الداخلية الصغيرة وقد يمتد التلون الوردى من العرق الوسطى إلى العروق الفرعية الرئيسية ويزداد حدوث الظاهرة فى الرؤوس التى يتأخر حصادها عما ينبغى

قد يظهر المرض فى الحقل قبل الحصاد، ولكن الأغلب هو ظهوره بعد الحصاد، خاصة فى الرؤوس الزائدة النضج وتزداد شدة الإصابة عند ارتفاع درجة حرارة التخزين عن الصفر المئوى، أو نقص نسبة الأكسجين فى المخازن وقد أمكن عزل البكتيريا *Pseudomonas marginalis* من البقع المصابة، وأدت عدوى النباتات السليمة بها إلى ظهور بقع وردية اللون بعد ٧ أيام فى الحرارة المنخفضة، وبقع بنية اللون فى الحرارة المتوسطة، والمرتفعة.

هذا وليس للإثيلين أو لتركيز ثانى أكسيد الكربون أى تأثير على الظاهرة.

التصدير

يكون الخس المصرى من طراز الآيس برج مطلوبًا فى الأسواق الأوروبية خلال الفترة من ديسمبر إلى مايو

تُحدد السوق الأوروبية ما تتطلبه من شروط فى الخس المسوق فيها – بعد إعداده وتعبئته – فيما يلى:

١– أن تكون الرؤوس كاملة، وغير مصابة بأية أعفان، وطازجة، والأوراق غير مرتخية

٢– أن تكون الرؤوس نظيفة، وخالية تمامًا من الأوراق الملوثة بالتربة أو بيئة الزراعة، أو أى مادة غريبة أخرى

٣– أن تكون الرؤوس خالية من جميع الأضرار التى تسببها الآفات

٤– ألا تكون الرؤوس قد بدأت فى الاتجاه نحو التزهير

٥– أن تكون الرؤوس خالية من الرطوبة الحرة غير العادية ومن جميع الروائح الغريبة والطعم غير الطبيعى

٦– يجب أن يكون قطع الساق قريبًا من قاعدة الأوراق الخارجية

ولكن يسمح بوجود تلون أحمر خفيف (الأمر الذى يحدث عند تعرض الخس للحرارة المنخفضة قبل حصاده) إلا إذا أثر ذلك بصورة جوهرية على مظهر الخس

وبصورة عامة يجب أن يكون المنتج بحالة جيدة تسمح له بتحمل النقل والتداول والوصول إلى الأسواق بحالة مرضية

يصنف الخس إلى ثلاث درجات، كما يلى:

١– الدرجة الأولى Class I

يجب أن تكون رؤوس هذه الدرجة ذو نوعية جيدة، وتظهر بها الصفات المميزة للصنف أو الطراز، وخاصة اللون، كما يجب أن تكون الرؤوس جيدة التكوين، وصلبة (ويستثنى من شرط الصلابة الخس المنتج فى الزراعات المحمية)، وخالية من الأضرار الفيزيائية، والتدهور، وأضرار الصقيع

وفى الطرز التى تكون رؤوسًا يجب أن تحتوى الرأس على قلب واحد جيد التكوين (ويستثنى من ذلك الشرط الخس المنتج فى الزراعات المحمية)

٢- الدرجة الثانية Class II

تضم هذه الدرجة الرؤوس التى لا تتوفر فيها شروط الدرجة الأولى، ولكنها تكون جيدة التكوين بشكل كافٍ، وخالية من الأضرار التى يمكن أن تحط من نوعيتها ويمكن لرؤوس الدرجة الثانية أن يظهر عليها تغيرات لونية بسيطة، وأضرار بسيطة من فعل الآفات ويمكن أن يوجد بالطرز التى تكون رؤوسًا قلبًا صغيرًا، ولكن — حتى هذا القلب الصغير — لا يشترط تواجده فى الخس المنتج فى الزراعات المحمية.

٣- الدرجة الثالثة Class III

يجب أن تتوفر فى منتج هذه الدرجة الشروط ذاتها التى أسلفنا بيانها بالنسبة لمنتج الدرجة الثانية. ولكن يسمح بتلوث الأوراق قليلاً بالتربة أو بيئة الزراعة شريطة ألاّ يؤثر ذلك كثيرًا على مظهر الرؤوس.

يحدد الحد الأدنى لوزن الرؤوس فى الرتبتين الأولى والثانية، كما يلى:

١- فى خس الآيس برج (خس الرؤوس ذات الأوراق القصمة) ٣٠٠ جم بالنسبة للمحصول المنتج فى الزراعات الحقلية، و ٢٠٠ جم بالنسبة لمحصول الزراعات المحمية

٢- فى طرز الخس الأخرى ١٥٠ جم بالنسبة للمحصول المنتج فى الزراعات الحقلية، و ١٠٠ جم بالنسبة لمحصول الزراعات المحمية

أما بالنسبة لرؤوس الدرجة الثالثة فإن الحد الأدنى لوزنها — أيًا كانت طريقة إنتاجها — هو ٨٠ جم

فى كل الرتب يجب ألاّ يزيد الفرق بين أكبر الرؤوس وأصغرها فى العبوة الواحدة عن الحدود التالية:

وزن الرؤوس فى العبوة (جم)	الفرق المسموح به (جم)
< ١٥٠	٤٠
١٥٠-٣٠٠	١٠٠

وزن الرؤوس فى العبوة (جم)	الفرق المسموح به (جم)
٤٥٠-٣٠٠	١٥٠
٤٥٠ <	٣٠٠

يسمح فى كل عبوة من عبوات الدرجة الأولى بنسبة ١٠٪ من الرؤوس التى لا تتوفر فيها شروط الدرجة فيما يتعلق بالجودة والحجم، شريطة أن تحقق تلك الرؤوس شروط الدرجة الثانية، كما يسمح فى كل عبوة من عبوات الدرجة الثانية بنسبة ١٠٪ من الرؤوس التى لا تتوفر فيها شروط تلك الدرجة فيما يتعلق بالجودة والحجم والشروط العامة للدرجة، شريطة أن تكون خلوًا من الأعفان والتدهور الذى يجعلها غير صالحة للاستهلاك. ويسمح كذلك فى كل عبوة من عبوات الدرجة الثالثة بنسبة ١٥٪ من الرؤوس التى لا تحقق الحد الأدنى لمواصفات تلك الدرجة، شريطة أن تكون خلوًا من الأعفان والتدهور الذى يجعلها غير صالحة للاستهلاك

وفى كل الدرجات يسمح بنسبة ١٠٪ بالعدد من الرؤوس التى لا تتوفر فيها شروط الحجم، ولكنها تزن مالا يزيد عن ١٠٪ بالزيادة أو بالنقص عن الحجم المطلوب

يجب أن يكون محتوى كل عبوة متجانسًا، وأن تكون كل الرؤوس من أصل واحد وصنف واحد وأن تكون متماثلة فى الجودة والحجم

كما يجب أن تكون الطبقة المرئية فى كل عبوة ممثلة للعبوة كلها

يجب وضع الرؤوس فى العبوة فى صفوف، فيما لا يزيد عن ثلاث طبقات وإذا كانت الرؤوس فى طبقتين فإنهما يجب أن تكونا متقابلتين، وفى حالة وجود طبقة ثالثة فإن إثنتان منها يجب أن تكونا متقابلتين

وتجب تعبئة الخس بطريقة لا تسمح بشدة انضغاطه أو بوجود فراغات بين الرؤوس كما يجب أن تكون العبوة نظيفة تمامًا وخاصة من الداخل. ويسمح بوضع ملصقات على الرؤوس. شريطة ألاّ تحتوى على أحبار أو صموغ سامة

ويجب أن توضع على كل عبوة البيانات التالية:

١- اسم المصدر وعنوانه

٢- اسم المنتج (الخس) وطرازه.

٣- فى حالة الإنتاج فى زراعات محمية يوضح ذلك

٤- اسم الصنف (اختيارى).

٥- اسم الدولة المصدرة.

٦- الدرجة (الرتبة)، والحجم بالحد الأدنى للوزن أو بالعدد.

٧- الوزن الصافى (اختيارى)

الخس المجهز للمستهلك

عمليات التداول والإعداد للتصنيع الجزئى

يجب أن يكون الخس المراد تجهيزه للمستهلك من أفضل نوعية وأن يصل إلى المصنع فى حرارة ٢°م. وأن يخزن على ١-٣°م قبل تشغيله وبعد تجهيزه.

وبالنسبة للخس الآيس برج Iceberg (خس الرؤوس ذو الأوراق القَصِمة crisphead) فإنه يجب عند وصوله للمصنع ألا تصل فيه نسبة التلون الوردى للعروق إلى ٦٪، ونسبة التبقع الصدئ واحتراق الأوراق إلى ١٪.

يتم تداول الخس – الذى يسوق مقطعًا وجاهزًا للاستهلاك – بطريقة مختلفة عن الخس العادى، فبعد حصاده يدويًا تزال الساق حتى مركز الرأس، ثم يوضع فى حاويات كبيرة تنقله إلى محطة التصنيع الجزئى، وفيها يقطع الخس ويغسل فى ماء بارد. ثم يُعَرض للطرد المركزى للتخلص من الماء الزائد. وغالبًا ما يخلط معًا عدة طرز من الخس والخضر الورقية الأخرى. والجزر المجزأ إلى قطع طولية صغيرة. والكرنب الأحمر وقد يعامل هذا المزيج بالكلورين. أو بمركبات مضادة للأكسدة، أو بمركبات حافظة. وذلك إما أثناء الغسيل، وإما قبل التعبئة.

ويتعين التخلص من الرطوبة الزائدة التى تؤثر سلبًا على قوام المنتج وتشجع النمو

الميكروبى - بتعريضه إما للدفع الجبرى للهواء، وإما للطرد المركزى. علمًا بأن تلك المعاملة تؤدى - كذلك - إلى خفض التلون البنى.

إن تجهيز الخس للمستهلك (fresh-cut) يجرى بتبريد الخس بعد الحصاد ثم تقليمه يدويًا من الأوراق الخارجية غير المرغوب فيها. يلى ذلك إزالة الساق coring، ثم تقطيع الرؤوس بعد ذلك إلى قطع السلاطة التى تغسل ثم تجفف للتخلص من الرطوبة الزائدة

يمكن إجراء التجفيف بالدفع الجبرى للهواء، ولكن تلك العملية تجرى - غالبًا - فى سلات مثقبة من الصلب الذى لا يصدأ توضع فى أجهزة طرد مركزى يتم إدارتها على سرعة عالية للتخلص من الماء الزائد. وهذه القوة العالية للطرد المركزى لا تزيل الماء الزائد فقط. ولكنها تؤدى إلى تشقق وسحق الأنسجة، علمًا بأن الأنسجة المضارة هى التى يظهر عليها التلون البنى والتحلل فيما بعد. ويلى الطرد المركزى وضع الخس المجهز فى أغشية بلاستيكية تملأ بهواء منخفض فى محتواه من الأكسجين ومرتفع فى محتواه من ثانى أكسيد الكربون. وتجرى كل تلك الخطوات على حرارة قريبة من الصفر المئوى

تفيد معاملة الصدمة الحرارية للخس المجهز للمستهلك فى الحد من ظاهرة التلون البنى. بالإضافة إلى أنها تجعل من الممكن التخلص من الرطوبة الزائدة - مع مراعاة التبريد إلى الصفر المئوى - بالتعريض للتفريغ، فهذه العملية تكون كفيلة بخفض الحرارة من ٤٥°م (معاملة الصدمة الحرارية) إلى الصفر المئوى، مع التخلص من الماء الزائد الذى يؤدى تبخره إلى حدوث الخفض الحرارى. هذا بينما لا يمكن إجراء تلك العملية على الخس الذى يكون - ابتداءً - فى درجة الصفر المئوى (الخس الذى لم يُعْرض للصدمة الحرارية). وحتى إذا تم التخلص من الرطوبة الزائدة فى الخس المعامل بالصدمة الحرارية بطريقة الطرد المركزى فإن ذلك يمكن أن يتم على سرعات أقل لا تحدث معها أضرار تذكر، وذلك لأن لزوجة الماء وسرعة حركته تكون أعلى عند ٤٥°م منها عند الصفر المئوى

ومن المزايا الأخرى المحتملة للجوء إلى الصدمة الحرارية أنها تقلل من تراكم المواد الفينولية في الخس الذى تقل فيه تلك المركبات طبيعيًا، الأمر الذى يجعل من غير الضرورى تعبئته فى أغشية معدلة للجو، وهى التى يُلجأ إليها – أساسًا – لأجل الحد من ظاهرة التلون البنى، حيث يمكن الاستعاضة عنها بأغشية البوليثيلين الأقل تكلفة

وغنى عن البيان أن تلك الطريقة لا يُستعمل فيها أى معاملات كيميائية يمكن أن تكون لها متبقيات، علمًا بأن البروتينات التى يتم تمثيلها جراء المعاملة الحرارية هى مركبات طبيعية تتواجد بصورة طبيعية فى عديد من المنتجات الطازجة (Saltveit ٢٠٠٠)

معدل التنفس

يتباين معدل تنفس خس الأيس برج المجهز (بالمليجرام ثانى أكسيد كربون لكل كيلوجرام فى الساعة) حسب درجة الحرارة كما يلى:

الحرارة (°م)	معدل التنفس
٢.٥	١٥–١٢
٥	٢٧,٣–١٥,٦
٧.٥	٣٢.٧–٢٣.١
١٠	٣٩.٩–٣٠,٤

كذلك يتفاوت معدل تنفس الخس الدهنى المظهر المقطع إلى أجزاء صغيرة حسب درجة حرارة التخزين، كما يلى:

الحرارة (°م)	معدل التنفس (مجم ثانى أكسيد كربون/كجم/ساعة)
٢	١٤–١٢
٤.٥	٢٥–٢٠
١٠	٤٨–٣٨

التغيرات الفسيولوجية

تؤدى الأضرار الميكانيكية التى تحدث بالخس الآيس برج أثناء حصاده وتداوله وأثناء تجهيز الخس المقطع الطازج fresh-cut إلى زيادة إنتاج إنـزيم phenylalanineammonia lyase، وتركيز عديد من المركبات الفينولية الذائبة (مثـل الـ chlorogenic acid، والـ dicaffeoyltartaric acid، والـ isochlorogenic acid)، وهى التى يمكـن أن تتأكـد إلى مركبات بنية اللون بفعل الإنـزيم polyphenol oxidase (أو catechol oxidase)، كـذلك يزيد التجريح من نشاط الإنزيم peroxidase وتكوين اللجنين، خاصة فى العرق الوسـطى (عن Tomás-Barberán وآخرون ١٩٩٧).

إن أهم مشاكل الخس المجهـز للاسـتهلاك بـالتقطيع، هـى: سـرعة تعـرض الأوراق للـذبول، وتغـير لـون الأسـطح المقطوعـة، وسـرعة فقـد المنـتج لفيتـامين C، والتلـوث بالميكروبات الضارة بصحة الإنسان

وقد ازداد الفقد فى حامض الأسـكوربيك — جوهريًا — عنـد تقطيـع الخـس — لأجـل الإعداد للاسـتهلاك — يدويًا، مقارنة بـالتقطيع بالـسكين يـدويًا، بينمـا ازداد الفقـد فـى الطريقة الأخيرة جوهريًا عمّا كان عليه الحال عند إجـراء التقطيـع آليًـا. وأدى التخـزين على ٣°م إلى انخفاض الفقد فى حامض الأسـكوربيك مقارنة بالفقـد عنـدما كـان التخـزين على ٨°م (Barry-Ryan O'Beirne ١٩٩٩)

كذلك وجد بعد ثلاثة أيام من تخزين الخس من طرز: الرؤوس ذات الأوراق القصِمة، والرؤوس ذات المظهر الدهنى، والرومين على ٥ أو ١٠°م حدوث زيادة كبيرة فى محتوى الأنـسجة المجروحـة مـن العـرق الوسـطى مـن كـل مـن الــ chlorogenic acid، والــ isochlorogenic acid، والــ caffeoyltartaric acid، والــ dicaffeoyltartaric acid، ولكن حامض الكلوروجنـك كـان هـو الوحيـد الـذى تـراكم فـى الطـرز الثلاثـة (Tomás-Barberán وآخرون ١٩٩٧)

وتجدر الإشارة إلى أن الزيـادة فـى نـشاط الإنـزيم PAL – التـى تحـدث عنـد إعـداد

الخس للمستهلك fresh-cut – تكون أعلى ما يمكن فى الخس الآيس برج. وأقل ما يمكن فى الخس الدهنى، بينما يحتل الخس الرومين والورقى الأخضر والورقى الأحمر وضعًا وسطًا فى هذا الشأن (López-Gálvez وآخرون ١٩٩٦ب)

ومما يؤكد أن نشاط الإنزيم phenylalanine ammonia lyase يعد ضروريًّا لتلون أنسجة الخس المجروحة بالبنى أن معاملة الخس المقطع (fresh-cut) بمثبطات هذا الإنزيم 2-aminoindan-2-phosphonic acid بتركيز ٥٠ ميكومول، أو α-aminooxi-β-phenylpropionic acid (بتركيز ٢٠٠ ميكرومول) يمنع التلون البنى (Peiser وآخرون ١٩٩٨)

التخزين فى الجو المعدل والمتحكم فى مكوناته

بينما ازداد التلون البنى بشدة فى الخس المجهز للاستهلاك – بالتقطيع – والمخزن فى الهواء العادى، فإن رفع تركيز ثانى أكسيد الكربون أدى إلى تقليل هذا العيب، وإلى التخلص منه نهائيًّا عند تركيز ٥٪ أو ١٠٪ من الغاز (Mateos وآخرون ١٩٩٣)

ولذا . يوصى بتعبئة الخس بعد تجهيزه للمستهلك فى أغشية بلاستيكية شفافة خاصة تحافظ على جو معدل بداخل العبوة يحتوى على تركيز منخفض من الأكسجين (٢٪–٥٪) وتركيز عال من ثانى أكسيد الكربون (١٠٪) وعلى خلاف الرؤوس الكاملة للخس، فإن الخس المجهز بالتقطيع لا يُضار من تركيزات ثانى أكسيد الكربون العالية، والتى تصل إلى ١٠٪ تجرى جميع عمليات التداول فى أقل درجة حرارة ممكنة يمكن للعاملين تحملها، ويتم الشحن والتخزين والتسويق على صفر–١°م

وتوجد تباينات وراثية بين أصناف الخس فى قدرتها على تحمل منتجها المجهز للمستهلك fresh-cut للتخزين فى MAP أو CA (Hayes & Liu ٢٠٠٨)

ويفيد مع خس الرؤوس ذى المظهر الدهنى butterhead ضخ النيتروجين فى عبوات الـ

١٦P ٧ م سريعا إلى جو يحتوى على ١ -٣ اكسجين مع ٥. -١٠ ثانى أكسيد الكربون يفيد ذلك فى تقليل ظاهرة التلون البنى للأسطح المقطوعة أما خفض الأكسجين إلى أقل من ١ مع زيادة ثانى أكسيد الكربون إلى أكثر من ١٠٪ فإنه يساعد على ظهور ما يعرف بصبغة البنية brown stain، وهى التى يزداد معدل ظهورها مع زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون من ٥ ٢٪ إلى ١٠٪

كما يفيد فى خس الآيس برج الجو الذى يحتوى على ٠.٥٪-٣٪ أكسجين مع ١٠٪-١٥٪ ثانى أكسيد كربون حيث يؤدى إلى تقليل التلون لبنى للأسطح المقطوعة وحفظ الجودة وخفض النمو البكتيرى ويجب تخزين خس الآيس برج المجهز على حرارة ١-٣ ْم وعلى ٥ ْم كانت فترة احتفاظ المنتج بجودته ٦ أيام فى الهواء، و ١٢ يومًا فى ٢ ٠٪ أكسجين. ومع زيادة ثانى أكسيد الكربون إلى ٧ -١٥٪ ازدادت فترة الصلاحية للتخزين إلى ١٦ يومًا

كذلك أدت تعبئة الخس الرومين المعد للاستهلاك - بالتقطيع فى أكياس مصنوعة من أغشية خصه من البولى بروبلين مع البوليثيلين وذات نفاذية خاصة للأكسجين . أدت تعبئته فيه إلى إحداث توازن فى مستوى الأكسجين داخل الأكياس عند مستوى ٧٪-١١ ٪. ولعب هذا الجو المعدل دورًا كبيرًا فى تأخير تلون الأنسجة وإلى زيادة فترة الصلاحية للتخزين بنحو ٥٠٪، وذلك مقارنة بالوضع عند التخزين فى الهواء العادى (١٩٩٦ Segall & Scanlon)

هذا إلاّ أن أفضل الظروف لتخزين الخس الرومين المجهز للمستهلك هى الظروف ذاتها التى تناسب الخس الآيس برج، وهى ٣٪ أكسجين + ١٠٪ ثانى أكسيد كربون

وقد دُرس مدى صلاحية الخس المجهز للمستهلك fresh-cut من مختلف الطرز (الآيس برج. والرومين. والدهنى. والورقى الأخضر، والورقى الأحمر) للتخزين لمدة ١٦ يوماً على ٥ م فى الهواء، مقارنة بالجو المتحكم فيه CA (٣٪ أكسجين + ١٠٪ ثانى أكسيد الكربون). وقد فُحصت عينات منها للتعرف على الجودة الظاهرية. والتلون

البني السطحي وعند الحواف، والتبقع الصدئ لوحظ بعد ثماني أيام من التخزين وجود فروق في الجودة العامة الظاهرية للخس بين التخزين في الهواء وفي الـ CA وبعد ١٢ يومًا كان الخس المخزن في الهواء دون حدود الصلاحية للتسويق. بينما حافظ الخس المخزن في الـ CA على صفات الجودة العامة في كل الطرز عدا الدهني ولقد كانت فائدة الـ CA أعلى ما يمكن للخس الآيس برج، مع وجود بعض الاختلافات بين الأصناف في هذا الشأن أما الخس الدهني فلم يستفد من الـ CA الذى صاحبه تغيرات لونية سطحية وطراوة في الأنسجة (López-Gálvez وآخرون ١٩٩٦أ)

وبينما لا تتحمل رؤوس الخس الكاملة التخزين في هواء معدل يحتوى على ٢٠٪ ثاني أكسيد كربون – حيث يتغير طعمه نتيجة لتراكم الإيثانول والأسيتالدهيد فيه تحت هذه الظروف – فإن هذا التركيز من ثاني أكسيد الكربون – مع التخزين في حرارة ٢,٥ °م لمدة ٢٠ يومًا، ثم في حرارة ٢٠°م لمدة ١٢ ساعة – يمنع تلون العرق الوسطى باللون البني أو يقلله كثيرًا في الخس المجهز للاستعمال بالتقطيع (الـ minimally processed). وكان ذلك مصاحبًا بنقص في نشاط إنزيم phenylalanine ammonia-lyase، الأمر الذى حدث – بدوره – نتيجة لانخفاض رقم pH السيتوبلازم في تلك الظروف، وهو ما أدى في النهاية إلى انخفاض المحتوى الفينولي الكلي للعرق الوسطى المقطع (Mateos وآخرون ١٩٩٣أ، ب)

هذا ولم تؤد تعبئة الخس المجهز للمستهلك fresh-cut في ٩٠٪ أرجون + ٢٪ أكسجين إلى تأخير تراكم الفينولات بدرجة أكبر مما حدث عند تخزينه في الأكسجين المنخفض مع الهليوم والنيتروجين (Jamie & Saltveit ٢٠٠٢).

وأدى ملأ عبوات الخس والكرنب – المعدلة للهواء MAP – بالنيتروجين بنسبة ١٠٠٪– إلى تكوين جو معدل – في خلال خمسة أيام – يحتوى على ١,٢٪ إلى ٥٠٪ أكسجين، و ٥٠,٠٪ إلى ٥٣٪ ثاني أكسيد كربون بصورة طبيعية هذا مع العلم بأن الخضر الطازجة السابقة التجهيز fresh-cut المخزنة تأخر فقدها لجودتها في هذه

العبوات بمقدار خمسة أيام، وذلك عندما خزنت على ٥°م. وأسهمت معاملة الخضر بالماء الحامضي المكهرب acidic electrolysed في المحافظة على جودتها على كل من ٥، و ١٠°م هذا .. ولم يؤثر ملأ العبوات بالنيتروجين على النمو الميكروبي (البكتيريا الهوائية الكلية، و *E coli*، و *Bacillus cereus*، والـ Psychtrophic bacteria) في الخضروات المجهزة أو عليها على ٥ ١ أو ١٠°م لمدة خمسة أيام، حيث ثُبِّطَ النمو الميكروبي على ١°م لمدة خمسة أيام أيًا كان تركيب هواء العبوات (Koseki & Itoh ٢٠٠٢)

واحتفظ الخس المجهز للمستهلك بجودته لمدة ١٠ أيام عندما كانت تعبئته تحت تفريغ، مقارنة بمدة ٦ أيام فقط عندما كانت تعبئته في MAP. وذلك على ٤°م (Cha وآخرون ٢٠٠٧)

المعاملة الحرارية للحد من التلون البنى

يعد التلون البنى لأماكن القطع أكبر مشاكل الخس المجهز للمستهلك أثناء تخزينه وأفضل وسيلة للحد من هذه الظاهرة هي تخفيض تركيز الأكسجين إلى أقل من ٣٪ وعلى الرغم من أن المعاملة بمضادات الأكسدة والصدمة الحرارية قد تمنعا حدوث تلك الظاهرة إلا أنهما يؤديا إلى فقد ظاهرى في الجودة وما لم يكن الخس قد تعرض لشدٍّ بيئى قبل الحصاد فإن محتواه من المواد الفينولية — المسئولة عن التلون البنى — يكون منخفضًا ولكن ذلك المحتوى يزداد بعد تجريح الأنسجة أثناء إعداد المنتج وقد أدت معاملة الصدمة الحرارية لمدة ٩٠ ثانية على حرارة ٤٥°م إلى منع حدوث التلون البنى المستحث بواسطة التجريح في كل من الخس الآيس برج (الكابوتشا أو خس الرؤوس ذو الأوراق القصمة) والرومين

وقد دُرس تأثير المعاملة بالصدمة الحرارية على التلون البنى وأيض الفينولات في العرق الوسطى للخس المقطع إلى أجزاء صغيرة، ووجد أنه برفع حرارة الصدمة الحرارية من ٢٠ إلى ٧٠°م انخفضت الزيادات التالية في كل من نشاط الـ PAL وتراكم الفينولات، وكانت

أكثر المعاملات فعلية هي التعريض لحرارة ٤٥°م لمدة ١٢٠ ثانية، أو ٥٠°م لمدة ٦٠ ثانيه، أو ٥٥°م لمدة ٣٠ ثانية، حيث أحدثت خفضًا جوهريًا في كل من الزيادة في نشاط الـ PAL والتلون البني الذي شوهد في أعناق أوراق معاملة الكنترول بعد تجريحها هذا بينما أدى التعريض لحرارة ٤٥°م لمدة ٤٨٠ ثانية، أو ٥٠°م لمدة ٦٠ ثانية، أو ٥٥°م لمدة ٤٥ ثانية إلى منع زيادة نشاط الـ PAL عن مستواه الابتدائي. وقد بقيت المركبات الفينولية لمدة ثلاثة أيام عند مستواها الابتدائي في أعناق الأوراق المقطعة التي عوملت بحرارة ٥٠°م لمدة ٩٠ ثانية أو ٥٥°م لمدة ٦٠ ثانية هذا إلاّ أن حرارة ٥٥°م أضرت بالأنسجة وقد خفضت هذه المعاملات بشدة من تمثيل الأحماض الفينولية ونشاط إنزيم البولى فينول أوكسيديز. وبدرجة أقل إنزيم البيروكسيديز (Loaiza-Velarde وآخرون ١٩٩٧)

تؤدى المعاملة الحرارية (بالغمر في الماء على ٥٠°م لمدة ٩٠ ثانية) للخس إلى دفعه إلى إنتاج ما يعرف باسم بروتينات الصدمة الحرارية heat shock proteins، الأمر الذى يكون على حساب إنتاج الأنسجة للبروتينات الأخرى، والتى منها PAL، مما يؤدى إلى منع تلونها بالبنى. ويستمر تأثير تلك الصدمة الحرارية في منع التلون البنى في الخس حتى بعد تخزينه لمدة ١٥ يومًا على ٥°م

ويمكن — عمليًا — إجراء تلك الخطوة بين تقطيع الخس وتعريضه للطرد المركزى كبديل لعملية الغسيل في الماء، علمًا بأن الماء الدافئ يسهل التخلص منه بالطرد المركزى عن ماء الغسيل البارد الذى يكون على درجة الصفر، والذى يصعب التخلص منه بسبب لزوجته العالية (Saltveit ١٩٩٨)

إن الجروح والأضرار التى تحدث بالخس أثناء تحضيره للمستهلك fresh-cut تحفز أيض الفينولات، الأمر الذى يتبعه تلون الأنسجة بالبنى كما أسلفنا ويعتبر إنزيم Phenylalanine ammonia-lyase أول الإنزيمات الفاعلة في مسار الـ phenylpropanoid ويزداد نشاط الإنزيم سريعًا بعد رفع حرارة التخزين من صفر إلى ٢٥°م ويؤدى تعريض الخس لصدمة حرارية على ٥٠°م لمدة ٩٠ ثانيه إلى حماية الخس المجهز للمستهلك من التلون بالبنى والمحافظة على لونه الأخضر. وحفص إنتاج

الأنسجة من الفينولات. سواء أعطيت المعاملة الحرارية قبل التقطيع، أم بعده، لكن أفضل تأثير للمعاملة الحرارية كان عندما أعطيت المعاملة قبل التقطيع بست ساعات كذلك فإن المعاملة بمثبط تمثيل البروتين سيكلوهيكسيميد cycloheximide قللت من نشاط إنزيم الـ PAL المستحث بفعل التجريح، ولكنها لم تمنع تلون الأنسجه بالبنى وعندما أعطيت المعاملتان معًا (الصدمة الحرارية والسيكلوهيكسيميد) لم يحدث التلون البنى (Loaiza-Velarde & Saltveit ٢٠٠١).

هذا .. وتتم إزالة جزء من ساق الخس في الحقل بعد الحصاد — فيما يعرف باسم coring — بهدف التقليل من أحمال الشحن التي يتطلب الأمر التخلص منها في محطة التعبئة ومصانع التجهيز للاستهلاك الطازج fresh-cut، بالإضافة إلى تقليل المخلفات في تلك الموقع. وتؤدى تلك العملية إلى تلون القواعد المقطوعة لأوراق وأنسجة الأوراق المجاورة لها باللون البنى بسبب الجروح التي تصاحبها زيادة في أيض الفينولات وقد وجد أن تعريض تلك الأسطح المقطوعة — بعد القطع مباشرة — لجسم رطب ساخن إلى ٥٥°م لمدة ١٠–١٥ ثانية يؤدى إلى خفض تراكم الفينولات وما يعقبها من تلون بنى وقد دام ذلك التثبيط لمدة ستة أيام على حرارة ١٠°م، ولم يكن ذلك مصاحبًا بزيادة في أعفان النسيج المعامل (Saltveit & Qin ٢٠٠٨)

وجدير بالذكر أن معاملة الخس المجهز للمستهلك fresh-cut بالغمر في الماء الساخن على ٥٠°م لمدة ٩٠ ثانية قبل تخزينه على ٥°م لمدة ١٨ يومًا أو على ١٥°م لمدة سبعة أيام أدت إلى زيادة أعداد البكتيريا *Listeria monocytogenes* بصورة منتظمة طوال فترة التخزين، وكانت الزيادة أسرع على ١٥°م منها على ٥°م ويعنى ذلك أن المعاملة الحرارية — التي تقلل من تلون الأنسجة بالبنى — يمكن أن تُحدث مخاطر صحية بتحفيزها تكاثر البكتيريا (Li وآخرون ٢٠٠٢)

معاملات أخرى للحد من التلون البنى

تستحث الجروح التي تحدث بأنسجة الخس عند تجهيزه للمستهلك fresh-cut

إشارة فى موقع التجريح تنتقل إلى الأنسجة المجاورة حيث يُستحث عددًا من الاستجابات الفسيولوجية، تتضمن تمثيل إنزيم phenylalamine ammonia lyase. وتمثيل وتراكم مركبات فينولية معينة (مثل حامض الكلوروجنك chlorogenic acid) الذى يسهم فى تلون الأنسجة بالبنى كما أسلفنا وقد انخفض المحتوى الفينولى لأوراق الخس القطعة والتى غمست بعد التقطيع مباشرة لمدة ساعتين فى محلول مانيتول mannitol بتركيز عال hypertonic (٠,٣–٠,٩ مول)، كما لم تحدث فيها زيادة فى نشاط الـ PAL. ولقد استمر هذا التأثير عندما أعيد تجريح الخس المقطع بعد يوم من المعاملة بالمانيتول؛ بما يعنى احتمال حث المعاملة لمقاومة عامة ضد عوامل الشدّ غير الحيوى (Kang & Saltveit ٢٠٠٣).

كذلك أدى تعريض أنسجة العرق الوسطى المقطوعة لأبخرة (٢٠ ميكرمول/جم وزن طازج) أو محاليل مائية (١٠٠ مللى مول) للـ n-alcohols إلى تثبيط التلون البنى الذى يتبع التجريح بنسبة ٤٠٪، و ٦٠٪ على التوالى إن فاعلية الكحول ازدادت خطيًّا من الإيثانول ethanol إلى الهبتانول heptanol ذى السبع ذرات كربون، ثم اختفى ذلك التأثير للـ n-alcohols الأطول 1-octanol، و 1-nonanol (Choi وآخرون ٢٠٠٥)

وكانت أكثر معاملات الخس المجهز للمستهلك fresh-cut تأثيرًا فى تثبيط التلون البنى فى الأسطح المقطوعة هى التبخير بأكسيد النيتريك NO بتركيز ٥٠٠ جزء فى المليون لمدة ساعة، أو النقع فى محلول للمركب -2,2'-(hydroxynitrosohydrazino) bisethanamine (اختصارًا: DETANO) – المعطى لأكسيد النيتريك – بتركيز ٥٠٠ جزء فى المليون لدة خمس دقائق، حيث أعقب المعاملتان زيادة فى القدرة التخزينية مقدارها ٧٠٪، و ١٠٠٪، على التوالى (Wills وآخرون ٢٠٠٧)

التطهير السطحى والتلوث الميكروبى

إن أكثر الأنواع البكتيريا المرضة تواجدًا فى الخس المقطع للاستهلاك والمعبأ فى

أكياس بلاستيكية مغلقة والمخزن على ٢ أو ١٠°م، هى ما يلى (Freire & Robbs ٢٠٠٠):

Pseudomonas aeruginosa	*P. fluorescens*
Klebsiella oxytoca	*Enterobacter cloacae*
Bacillus cepacia	*Escherichia coli*
Serratia marcescens	*Erwinia* spp.

كذلك يكثر به عددًا من الخمائر مثل *Cryptococcus*، و *Pichia*، و *Torulaspora*، و *Trichospora*.

تعيش تلك الأنواع البكتيرية والخمائر على الإفرازات النباتية وتتكاثر أثناء تخزين المنتج، ويزداد معدل تكاثرها فى الحرارة العالية وفى الجو المعتدل، ولكنها تستمر فى التكاثر — كذلك — فى الحرارة المنخفضة.

وعندما قورن غسيل الخس والهندباء — قبل تجهيزها للمستهلك fresh-cut — بكل من الماء المكلور وغير المكلور بعدد من المطهرات (هى: Sanova، و Sanoxol 20، و Tsunami 100، و Purac FCC 80، و Citrox 14W، و Catallix) وجد أنها — جميعًا — انقصت الحمل الميكروبى بعد التطهير مباشرة، ولكن الأعداد ازدادت تدريجيًا بعد ثلاثة أيام حتى وصلت إلى المستوى الذى وصلت إليه الأعداد فى معاملة الكنترول (٦–٨ لو cfu/جم)، ومع ذلك فإن مظهر وجودة الخس والهندباء المجهزتين لم يتأثرا سلبًا (Allende وآخرون ٢٠٠٨)

وقد كانت معاملة الخس المجهز للمستهلك fresh-cut بماء دافئ (٥٠°م) يحتوى على ٢٠ جزءًا فى المليون من الكلورين أفضل من المعاملة بأى من الماء الساخن أو الكلورين منفردًا فى مكافحة النمو الميكروبى على الخس — بعد ذلك — عند تخزينه على ٥°م لمدة أربعة أيام. كما ثبطت المعاملة الحرارية تكوين اللون البنى خلال اليومين الأوليين من التخزين (Li وآخرون ٢٠٠١).

ويُستدل من دراسات López-Gálvez وآخرين (٢٠١٠) على الخس المجهز

للمستهلك fresh-cut أن التطهير بثانى أكسيد الكلورين chloride dioxide يتساوى فى كفاءته مع التطهير بهيبوكلوريت الصوديوم، فيما عدا أن أعداد الخمائر كانت أعلى بعد ١٠ أيام من التخزين عندما كان التطهير بثانى أكسيد الكلورين وبينما لم تتكون أى trihalomethanes (اختصارًا: THMs) — ذات التأثير المسرطن — عندما استعمل ثانى أكسيد الكلورين، فإنها تكونت بتركيزات ضئيلة للغاية لا يعتد بها عندما كان التطهير بهيبوكلوريت الصوديوم، ولم يكن تركيز الـ THMs المتكونة محسوسًا إلا عندما وصل تواجد المادة العضوية العالقة فى ماء الغسيل إلى ١٨٠٠ مجم/لتر ووصل تركيز هيبوكلوريت الصوديوم المستخدم إلى ٧٠٠ مجم/لتر

كذلك أعطت معاملة غسيل الخس المجهز للمستهلك في ماء مكلور لمدة دقيقة واحدة على ٥٠°م أفضل نوعية، وقد تحسنت عملية تطهير الخس — بالماء المكلور — بفعل الحرارة بمقدار لوغاريتم واحد من الوحدات المكونة للمستعمراتlog cfu 1 لكل جرام من الخس المجهز، وذلك مقارنة بالغسيل على ٤°م وقد تساوى تأثير الكلوربين عند تركيز ٢٥ جزءًا في المليون مع تأثيره عند ١٠٠ جزء في المليون (Delaquis وآخرون ٢٠٠٤)

وأعطت معاملة غمر الخس المجهز للمستهلك fresh-cut فى الماء المحتوى على الأوزون (ozonated water) بتركيز ثلاثة أجزاء فى المليون لمدة خمس دقائق، ثم تعبئتها فى أغشية تحتوى على ١٥٪ ثانى أكسيد كربون أفضل النتائج فيما يتعلق بكل من العد الميكروبى وصفات الجودة الفسيولوجية والفيزيائية (Poubol وآخرون ٢٠٠٧)

ويمكن أن تحل معاملة غمر الخس المجهز للمستهلك فى حامض اللاكتيك (٥ مل/لتر) وحامض الستريك (٥ جم/لتر) محل معاملة الغمر فى الماء المكلور (١٠٠ جزء فى المليون) فى إطالة فترة صلاحية المنتج للتخزين، حيث قللت المعاملتين من أعداد البكتيريا بدرجة أكبر رمن أى من معاملة الماء المكلور أو المحتوى على الأورون بتركيز ٤ أجزاء فى المليون (Akabas & Olmez ٢٠٠٧)

الفصل العاشر

الخضر الورقية الأخرى

السبانخ

اكتمال النمو للحصاد، والحصاد

يمكن حصاد نباتات السبانخ فى أى وقت، بداية من مرحلة نمو ٥-٦ أوراق إلى ما قبل إزهارها مباشرة، ويزداد المحصول كلما تركت النباتات لتكبر فى الحجم. ولكن يجب أن يجرى الحصاد — دائمًا — قبل بداية نمو الشمراخ الزهرى، وإلا فقدت النباتات قيمتها التسويقية. ويكون الحصاد عادة بعد شهر ونصف إلى شهرين ونصف من الزراعة

هذا . ويصرح فى بعض الولايات المتحدة الأمركية برش نباتات السبانخ بحامض الجبريلليك قبل الحصاد لتسهيل عملية الحصاد، وزيادة المحصول، وتحسين نوعيته. تعطى رشة واحدة بمعدل ٦-٨ جم من المادة الفعالة للفدان فى ٤٠-٢٠٠ لتر ماء قبل موعد الحصاد المتوقع بنحو ١٠-١٨ يومًا ويجب إلاّ تقل الحرارة وقت إجراء المعاملة عن ٤,٤°م، وأن تتم وقت توفر الندى على الأوراق. هذا علمًا بأن الحنبطة تبدأ فى خلال عدة أيام من المعاملة فى حرارة ٢٤°م (Read ١٩٨٢).

تحصد السبانخ لأجل التسويق الطازج بقطع النباتات من الجذر تحت الأوراق السفلية مباشرة، ويجرى ذلك بسكون حاد. أو بفأس صغيرة وفى النهار القصير . يمكن إجراء الحصاد بقطع النباتات من فوق سطح التربة، ثم تركها لتنمو من جديد. وبذا يمكن الحصول على أكثر من حشة وتؤخذ — عادة — الحشات الثلاث الأولى بعد شهر ونصف الشهر من الزراعة، ثم كل خمسة أسابيع بعد ذلك أما السبانخ التى تزرع لأجل التصنيع، فإنها تقطع آليًّا من فوق سطح التربة بنحو ٥ ٢ سم

يجب ألاّ يجرى الحصاد بعد المطر مباشرة، أو بعد الندى الكثيف، وذلك لأن الأوراق تكون سهلة التقصف فى هذه الظروف

ويجرى الحصاد لأجل التصنيع عندما يبلغ طول النباتات حوالى ٤٠ سم. ويتم بقطع النباتات أعلى سطح التربة بنحو ١٥ سم، بهدف تجنب حصاد أكبر قدر من الساق وأعناق الأوراق، وأكبر عدد من الأوراق السفلية والمسنة التى دخلت مرحلة الشيخوخة وفى الحشة الثانية تستخدم أسلحة دوّارة للتخلص من الأوراق الصفراء والمسنة ولإبعاد التربة قليلاً عن تاج النباتات لتسهيل حصادها وتبعًا لدرجة الحرارة وكثافة الزراعة، فإنه يلزم عادة ٣-٤ أسابيع بين الحشتين للحصول على نمو مناسب

يتراوح محصول الفدان بين ٤ و ١٠ أطنان، بمتوسط قدره حوالى ٧ أطنان عند تقليع النباتات بجذورها بعد اكتمال نموها أما عند إجراء ثلاث حشات فمن الممكن أن يصل المحصول إلى ١٢-١٥ طنًا للفدان وتتوقف كمية المحصول فى أى من طريقتى الحصاد على الظروف الجوية وخصوبة التربة.

ويراعى عند حصاد السبانخ استبعاد كافة الأوراق المسنة والصفراء والملوثة بالتربة، والإبقاء على أكبر قدر من الأوراق الخضراء المتوسطة العمر والصغيرة ويلزم مرور حوالى ٣-٤ أسابيع قبل أن تعطى النباتات نموًّا جديدًا صالحاً للحصاد

وسواء أكان حصاد النباتات كنباتات كاملة أو كأوراق فإنها يجب أن تكون جميعً خضراء اللون، وممتلئة، ونظيفة، وخالية من الأضرار الكبيرة. وعند حصاد النباتات كاملة يلزم تقليم الجذور ويجب أن تكون أعنق الأوراق أقصر من أنصالها

ويتعين دائمًا حصاد وتداول السبانخ بعناية حتى لا تضار الأوراق وأعناق الأوراق، وخاصة عند ربطها فى حزم، حيث تتحلل سريعًا بعد تجريحها (Suslow & Cantwell ٢٠٠٧)

التنفس وإنتاج الإثيلين

يتباين معدل تنفس السبانخ حسب درجة الحرارة، كما يلى (عن Suslow &

Cantwell ٢٠٠٧)

الحرارة (°م)	معدل التنفس (ملليلتر ثانى أكسيد كربون/ كجم فى الساعة)
صفر	٣٢
٥	٤١
١٠	٥٠
١٥	٥٩
٢٠	٦٨

يقل إنتاج السبانخ من الإثيلين عن ٠,١ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٢٠°م

إلا أن السبانخ شديدة الحساسية للإثيلين الذى قد تتعرض له من مصادر خارجية، وأهم الأضرار اصفرار الأوراق، وهو الأمر الذى يحدث لدى التعرض لتركيزات منخفضة من الغاز، مما يعنى ضرورة الجمع بين السبانخ والمنتجات المنتجة للإثيلين، مثل التفاح والكنتالوب والطماطم فى المخازن أو الحاويات (Suslow & Cantwell ٢٠٠٧)

التداول

بعد إجراء الحصاد ونقل المحصول إلى محطة التعبئة فإن الأوراق تمر أولاً على بنش مثقب هزاز لتسهيل التخلص من التربة والبقايا النباتية، ويلى ذلك إسقاط الأوراق فى الماء على حرارة ١٠°م للتخلص من حرارة الحقل، وللتخلص من المواد الملتصقة بها، ولتثبيط النشاط الميكروبى. ويلى ذلك مرور المنتج على سير متحرك للفحص اليدوى والتخلص من المواد غير المرغوب فيها تعبأ السبانخ بعد ذلك فى أكياس شبكية من النيلون، وتوضع فى تانك آخر يحتوى على ماء متحرك على حرارة ١٠°م لأجل الشطف النهائى ويلى ذلك تعريض الأكياس لعملية طرد مركزى للتخلص من الماء وفى النهاية تعبأ السبانخ آليًا فى أكياس وتخزن على حوالى ٢°م وتشحن إلى الأسواق

وتعتبر الأضرار التى تحدث بالسبانخ أثناء حصادها وتداولها أهم العوامل التى تؤثر فى جودة المنتج

وقد وجد أن أكسدة الليبيدات والتسرب الأيوني يزدادان مع زيادة عدد مراحل التداول التي أسلفنا بيانها، ومع زيادة فترة التخزين، وكانت أكثر مراحل التداول تأثيرا (سلبيًّا) على جودة السبانخ المخزنة هي مرحلتا الهزّ، والطرد المركزي (Hodges وآخرون ٢٠٠٠)

ويمكن تبريد السبانخ أوليًّا بإضافة الثلج المجروش إليها، أو بطريقة الغمر في الماء المثلج، أو بطريقة التبريد تحت تفريغ ويجب بلّ السبانخ – التي تزيد حرارتها عن ٢٤°م – قبل تبريدها بالتفريغ وتفيد كلورة ماء الغسيل أو ماء التبريد بتركيز ١٠٠ جزء في المليون كلورين في منع تزايد أعداد البكتيريا في الماء، ولكن ذلك الإجراء لا يفيد في منع عفن المنتج بعد ذلك

ويفضل تعبئة محصول السبانخ المعد للاستهلاك الطازج في أكياس من البوليثيلين المثقب الذي يسمح بتبادل الغازات ويفضل كذلك تدريج المحصول قبل تعبئته

التخزين

تفقد السبانخ قيمتها التسويقية بعد تخزينها لمدة ٢٤ يومًا على ١٧°م، أو ٧ أيام على ١٠°م، أو يومين على ١٨.٣°م ومع زيادة شروط الجودة المطلوبة في السبانخ من قبل المستهلكين، فإن من المرجح أن نصف تلك الفترات يعد حدًّا أقصى للتخزين على درجات الحرارة المبينة قرين كل منها حاليًا

ويمكن تخزين السبانخ بحالة جيدة لمدة ١٠-١٤ يومًا في درجة الصفر المئوي، مع رطوبة نسبية تتراوح بين ٩٥٪ و ٩٨٪ وتفيد إضافة الثلج المجروش لتبريد المحصول بسرعة، والتخلص من الحرارة المنطلقة من التنفس ويؤدي استمرار تخزينها لفترة أطول من ذلك إلى ذبول الأوراق واصفرارها وتحللها، وخاصة عندما تتعرض لحرارة ٥-١٠°م أثناء تداولها بعد إخراجها من المخزن

هذا وتتجمد السبانخ على -٣.٠°م، حيث تبدو الأوراق مائية المظهر. وتتحلل بفعل البكتيريا المسببة للعفن الطري البكتيري لدى تفككها

التخزين فى الجو المعدل والمتحكم فيه

تزداد فترة احتفاظ السبانخ بجودتها على ٥°م إلى ثلاثة أسابيع عند زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى هواء المخزن إلى ١٠٪، بما يعنى زيادة الصلاحية للتخزين بمقدار الضعف تقريبًا مقارنة بالتخزين المبرد العادى (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٤)

ويعتبر الجو المعدل المثالى الذى يناسب تخزين السبانخ هو الذى يحتوى على ١٠٪-٤٠٪ ثانى أكسيد كربون، و ١٠٪ أكسجين، الأمر الذى يتحقق عند تخزين السبانخ فى أكياس بلاستيكية مثقبة. هذا .. إلا أن Saltveit (١٩٩٧) يوصى بتخزين السبانخ فى ٧٪-١٠٪ أكسجين مع ٥٪-١٠٪ ثانى أكسيد كربون، حيث يتأخر اصفرار الأوراق وتتحمل السبانخ التركيزات الأعلى من ثانى أكسيد الكربون، ولكنها بغير ذى فائدة. وتفض تعبئة السبانخ فى عبوات معدلة للهواء MAP تسمح بالوصول إلى ١٪-٣٪ أكسجين، و ٨٪-١٠٪ ثانى أكسيد كربون.

ويمكن خفض تركيز الأكسجين فى الجو المحيط بالسبانخ المخزنة إلى ٠.٨٪ دون أن يفقد المنتج جودته بسبب الظروف اللاهوائية (Ko وآخرون ١٩٩٦).

الأضرار والتغيرات التى تحدث أثناء التخزين

إن من أهم الأضرار التى تحدث للسبانخ أثناء التخزين ما يلى:

١- ذبول الأوراق، ويزداد الذبول عند ارتفاع درجة الحرارة، أو نقص الرطوبة النسبية.

٢- نقص المادة الجافة نتيجة لاستهلاكها فى التنفس، الذى يزداد معدله عند ارتفاع درجة الحرارة.

٣- الإصابة بالأمراض، وتزداد الإصابة عند ارتفاع درجة الحرارة

٤- اصفرار وشيخوخة الأوراق

تختلف أصناف السبانخ فى سرعة اصفرار أوراقها وشيخوختها بعد الحصاد. ويعد الصنف Spokane أسرع وصولاً إلى مرحلة الشيخوخة عن الصنف BJ412 Sponsor. وقد

وجد أن مركب المالوندى ألدهيد malondialdehyde يتراكم فى أوراق كلا الصنفين مع الوقت بعد الحصاد (على ١٠°م فى الظلام)، ولكن بمستويات أعلى جوهريًا فى اسبوكين، وحدثت تغيرات كيميائية أخرى فى الصنف (هى تدهور نشاط الأسكوربيت بيروكسيديز ascorbate peroxidase، ونقص مستوى حامض الأسكوربيك، وزيادة نشاط إنزيم سوبر أوكسيد دسميوتيز superoxide dismutase) ظهرت آثارها فى تراكم فوق أكسيد الأيدروجين hydrogen peroxide؛ ومن ثم احتمالات أكسدة الدهون فى هذا الصنف وسرعة شيخوخة أوراقه المقطوفة عما فى الصنف BJ412 Sponsor (Hodges وآخرون ٢٠٠١)

٥– انخفاض محتوى حامض الأسكوربيك:

ينخفض محتوى أوراق السبانخ من حامض الأسكوربيك سريعًا بعد الحصاد، ولكن يوجد تباينات بين الأصناف فى هذا الشأن، وهى التى يزداد فيها الـ malondialdhyde والشد التأكسدى كلما كانت أكثر تعرضًا لفقد حامض الأسكوربيك (Hodgers & Forney ٢٠٠٣)

السبانخ المجهزة للمستهلك

تجهز السبانخ الطازجة للمستهلك إما على صورة أوراق كاملة أو مقطعة

يجب أن تكون السبانخ المجهزة خضراء وبدون أى تحلل أو خدوش ويجب وصول المحصول للمصنع على حرارة ٥ ١°م مع تخزين المنتج قبل وبعد تجهيزه على ١–٣°م أما الجو الموصى به فهو ٠،٨٪ إلى ٣٪ أكسجين مع ٨٪–١٠٪ ثانى أكسيد كربون، حيث ينخفض معدل التنفس ويُحافظ على الجودة ويكون الطعم أفضل عما فى السبانخ المخزنة فى الهواء العادى يفيد هذا الجو – كذلك – فى تقليل الفقد فى ثانى أكسيد الكربون بنحو ٥٠٪

كما استفادت السبانخ البيبى المجهزة للمستهلك fresh-cut من زيادة تركيز الأكسجين عما فى الهواء العادى، حيث انخفضت أضرار الأنسجة وقل النمو الميكروبى، واحتفاظ المنتج بجودته بصورة أفضل (Allende وآخرون ٢٠٠٤)

هذا ويتراوح معدل تنفس أوراق السبانخ الكاملة (بالملليجرام ثانى أكسيد كربون لكل كيلوجرام فى الساعة) حسب درجة الحرارة حيث يبلغ ٦-١٤ مجم فى الصفر المئوى، و ١١,٧-٢٣,٤ مجم فى ٥°م

السلق السويسرى

يبلغ الطول المناسب لأوراق السلق السويسرى المناسبة للتسويق ٢٠-٥٠سم بأعناقها ويكون العنق أبيض أو أحمر قانٍ حسب الصنف. والسلق السويسرى غنى بكل من حامض الفوليك، وحامض الأسكوربيك، والفلافونات

يجب أن تكون الأوراق منتصبة وبلون أخضر قاتم، وأن يكون العرق الوسطى والعنق بلون أبيض أو أحمر حسب الصنف، ويجب ألاّ يظهر بالأوراق أى اصفرار أو تبقعات بنية وأن تكون خالية من الأتربة.

يمكن تبريد السلق السويسرى أوليًا بأى من الماء المثلج أو الدفع الجبرى للهواء

ويخزن السلق السويسرى على الصفر المئوى ورطوبة نسبية ٩٥٪-٩٨٪ لمدة تصل إلى أسبوعين.

ويمكن زيادة فترة الصلاحية للتخزين حتى ٣٠ يومًا فى جو يحتوى على ٢٪-٣٪ أكسجين مع ١٠٪ ثانى أكسيد كربون على -٠,٥°م.

والسلق السويسرى غير حساس لأضرار البرودة

ينتج السلق السويسرى الإثيلين بمعدل منخفض يقدر بنحو ٠,١٣ ميكروليتر/كجم فى الساعة. ولكنه شديد الحساسية للإثيلين الذى قد يتعرض له من مصادر خارجية، حيث يؤدى إلى شيخوخة الأوراق واصفرارها

ويتراوح معدل تنفس السلق السويسرى بين ١٨، و ٢٠ مجم ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة على ٢°م تزيد إلى ٢٩ مجم/كجم فى الساعة على ٢٠°م (Mencarelli ٢٠٠٤)

الكرفس

اكتمال التكوين

يجهز الكرفس البلدى للحصاد بعد نحو ٣ شهور من الشتل، بينما يتأخر حصاد الأصناف الأجنبية إلى نحو ٤-٥ أشهر بعد الشتل. وأهم علامات اكتمال التكوين بلوغ النبات الحجم المناسب للتسويق.

ويؤدى التبكير فى حصاد الزراعات المبكرة إلى الاستفادة من الأسعار العالية فى بداية الموسم، إلاّ أن المحصول يكون منخفضًا؛ لأن معدل النمو يزداد زيادة كبيرة مع اقتراب النباتات من اكتمال التكوين، إلى درجة أن المحصول يمكن أن يزداد يوميًا خلال تلك الفترة بمقدار طنين إلى ثلاث أطنان للهكتار (٠.٨٥-١.٢٥ طن للفدان). وفى المقابل يؤدى تأخير الحصاد لما بعد اكتمال التكوين — انتظارًا لتحسّن الأسعار — إلى تجوف أعناق الأوراق، وانحطاط صفاتها، واتجاه بعضها نحو الإزهار. وزيادة عدد الأوراق الصفراء. ويمكن أن تحدث تلك التغيرات بسرعة كبيرة؛ بما يجعل الفترة المناسبة للحصاد ضيقة إلى حد ما

ومع تقدم النباتات فى العمر فإن أعناق الأوراق الخارجية تدخل مرحلة الشيخوخة وتفقد صلابتها، وغالبًا ما تتم إزالتها بعد الحصاد؛ بما يعنى فقد جزء كبير من المحصول المسوق. ويتراوح — عادة — الفقد فى الوزن نتيجة التقليم بعد الحصاد بين ٥٪ و ٢٠٪، إلاّ أن هذه النسبة قد تتراوح بين ٢٠٪ و ٤٠٪ إذا ما تطلب الأمر إزالة أوراق خارجية مصابة بالأمراض أو بأضرار ميكانيكية. هذا فضلاً عن حساسية الرأس للأضرار أثناء التداول مما يجعلها عرضة لمزيد من الفقد بالتقليم

ولذا.. يُحصد الكرفس عندما تبلغ معظم النباتات فى الحقل الحجم المناسب (٣٥-٤٠ سم طولاً)، وقبل أن تصبح أعناق الأوراق الخارجية إسفنجية. علمًا بأن نمو الكرفس يكون متجانسًا بدرجة كبيرة، ويحصد الحقل كله مرة واحدة. ولكنه يفرز إلى أحجام مختلفة بعد تقليمه فى الحقل

ومن أهم مظاهر الجودة تجانس النمو وسماكة أعناق الأوراق واندماج النباتات. وعدم التواء الأعناق وأن تكون النباتات بلون أخضر فاتح وذا مظهر طازج. ومن دلائل الجودة الأخرى طول الورقة والعنق، والخلو من العيوب، مثل القلب الأسود، والأعناق الإسفنجية، والحنبطة (نمو الحامل الزهرى)، والشقوق والتفلقات، والأضرار الحشرية، والأعفان (Suslow & Cantwell ٢٠٠٧).

ومن أهم العيوب الفسيولوجية للكرفس ما يلى:

١- القلب الأسود blackheart .. تتلون الأوراق الصغيرة الداخلية باللون البنى، ثم تتحول سريعًا إلى الأسود القاتم. وتظهر تلك الأعراض أثناء النمو الحقلى نتيجة لنقص الكالسيوم، أو نقص الرطوبة الأرضية، أو سيادة ظروف جوية محفزة للنمو السريع.

٢- التفلقات البنية brown checking .. تظهر تفلقات بنية فى الجانب الداخلى لأعناق الأوراق عند نقص عنصر البورون.

٣- انهيار النخاع pith breakdown . وهى الظاهرة التى تعرف باسم pithiness أو "الإسفنجية"، وفيها تصبح الخلايا البرانشيمية لعنق الورقة بيضاء اللون، وإسفنجية، وواسعة الفجوات، وتبدو جافة. وتحدث تلك الظاهرة لدى التعرض لأى عدد من ظروف الشدّ البيئى، مثل: البرودة، والجفاف، والتغيرات المهيئة للحنبطة، وإصابات الجذور. ويستمر تطور الإسفنجية بعد الحصاد — ولكن ببطء — تحت ظروف التخزين الجيدة (Suslow & Cantwell ٢٠٠٧).

الحصاد

تحصد معظم مساحات الكرفس المخصصة للاستهلاك الطازج يدويًا بعد قطع الجذور آليًا من تحت قاعدة الساق، حيث تُجذب النباتات ويقصر طولها، وتقلم الأجزاء العليا من الأوراق باستعمال مطواه، وتزال أعناق الأوراق الضارة وغير الصالحة للتسويق. وغالبًا ما يترك الجزء السفلى من ساق النبات والجزء العلوى من الجذر لتقليل ذبول النباتات

أثناء تداولها وتخزينها، علمًا بأن إزالة هذا الجزء عند التسويق – بعد التخزين – يعطى المحصول مظهرًا طازجًا (عن Rubatzky وآخرين ١٩٩٩)

وقد تقلم النباتات وهى فى الحقل لارتفاع ٤٠ سم آليًا، ثم تقلع يدويًا، وتعبأ فى الحقل، أو تنقل إلى محطة التعبئة

ويجرى حصاد معظم حقول الكرفس المخصصة للتصنيع آليًا، حيث تقوم الآلة بعمليتين، هما: حشّ النباتات فوق مستوى الأعناق بقليل، وقطع الساق فوق مستوى سطح التربة بقليل، ثم تنقل النباتات فى المقطورات إلى محطة التصنيع

وتجب مراعاة الأمور التالية عند حصاد الكرفس:

١– أن يجرى الحصاد فى الصباح الباكر.

٢– قطع النباتات من أسفل سطح التربة بحوالى ٢–٥ سم بواسطة سكين أو (شقرف)

٣– إزالة الأوراق الخارجية الصفراء

٤– نقل النباتات من الحقل بسرعة بعد الحصاد، حتى لا تتعرض للدبول

ويتراوح محصول أصناف الاستهلاك الطازج – عادة – بين ١٥، و ٢٠ طنًا للفدان، بينما قد يصل فى أصناف التصنيع إلى ٣٥ طنًا

التنفس وإنتاج الإثيلين

يتباين معدل تنفس الكرفس حسب درجة الحرارة، كما يلى

الحرارة (°م)	معدل التنفس (ملليلتر ثانى أكسيد كربون/ كجم فى الساعة)
صفر	٣
٥	٥
١٠	١٢
١٥	١٧
٢٠	٣٢

ويقل معدل إنتاج الكرفس للإثيلين عن ٠,١ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٢٠°م.

ولا يعد الكرفس حساسًا للإثيلين الذى قد يتعرض له من مصادر خارجية بتركيزات منخفضة وفى حرارة منخفضة. ويؤدى تعرض الكرفس للإثيلين بتركيز ١٠ أجزاء فى المليون أو أعلى على حرارة تزيد عن ٥°م إلى فقده للونه الأخضر (Suslow & Cantwell ٢٠٠٧).

التداول

إن من أهم عمليات التداول التى تجرى للكرفس بعد الحصاد ما يلى:

١- إزالة الخلفات Suckers والأوراق المصابة والمضارة. وتقليم الأوراق بطول ٤٠سم، لخفض تكاليف الشحن والتداول. ولا تجرى عمليتا إزالة الخلفات، والتقليم للكرفس البلدى فى مصر، لأنه لا يزرع لأجل أعناق الأوراق — كما فى الأصناف الأجنبية — وإنما لأجل أوراقه التى تستخدم فى عمل الحساء.

٢- تجرى للكرفس بعد نقله إلى محطة التعبئة عمليات التداول التالية: التفريغ فى الماء، والغسيل بالماء المكلور، ومزيد من التهذيب (بالتقليم)، والتدريج، والتعبئة فى كراتين منيعة ضد التشرب بالماء، وإضافة الثلج المجروش إليها. وقد كان لعملية الغسيل أهمية قصوى حينما كا يبيض الكرفس بتكويم التربة حول النباتات، لكن قلّ إلى حد كبير — ومنذ عدة سنوات — الإقبال على الكرفس المبيض.

كذلك يتم أحيانًا — كما فى الولايات المتحدة — تعبئة الكرفس حقليًا على منصات عمل متحركة على عجل.

وأحيانًا تعبأ رؤوس الكرفس المفردة فى أكياس من البوليثيلين لأجل تقليل فقدها للرطوبة وتحسين مظهرها للتسويق. أما الرؤوس الصغيرة جدًا — وهى التى تكون غير مكتملة التكوين أو خضعت لتلقيم جائر — والتى يطلق عليها اسم "قلوب" hearts .. فإنها تعبأ بوضع كل رأسين أو ثلاثة منها معًا فى كيس واحد (عن Rubatzky وآخرين ١٩٩٩).

٣– التبريد الأولى Precooling

تعتبر تلك العملية من العمليات المهمة التى تجرى للكرفس بعد الحصاد، للتخلص من حرارة الحقل، وخفض حرارة النباتات إلى نفس الدرجة التى تشحن، أو تخزن عليها – وهى الصفر المئوى – فى أسرع وقت ممكن، ولكن يكتفى – عادة – بالتبريد الأولى حتى ٤–٥°م.

لا يوصى بإجراء التبريد الأولى فى الغرف الباردة room cooling إلاّ إذا كان المحصول باردًا بالفعل – بسبب برودة الجو – عند حصاده، وذلك لأن تبريد المحصول بهذه الطريقة إلى الدرجة المطلوبة يستغرق وقتًا طويلاً لا يقل عن ٢٤–٣٦ ساعة

ويعتبر التبريد الأولى بالماء المثلج على ١°م أسرع طريقة للتبريد، كما أن هذه الطريقة تفيد فى إعادة المظهر النضر الطازج للرؤوس التى تكون قد ذبلت جزئيًا

كما يعتبر التبريد الأولى بطريقة الدفع الجبرى للهواء حتى الصفر المئوى طريقة سريعة إلاّ أنها مكلفة وتؤدى إلى ذبول الأوراق جزئيًا، ويمكن التغلب على مشكلة الذبول بترطيب الرؤوس قبل تبريدها

ويعد التبريد الأولى تحت التفريغ أسرع وأكفاء طرق التبريد الأولى، حيث لا تستغرق أكثر من ٣٠ دقيقة، إلاّ أنها تفقد الرؤوس نحو ٥٪ من وزنها وتؤدى إلى ذبولها جزئيًا. ويمكن – كذلك – التغلب على تلك المشكلة بترطيب المنتج قبل تبريده.

أما التبريد الأولى بإضافة الثلج المجروش إلى العبوات فلم تعد طريقة مفضلة نظرًا لأنها قليلة الكفاءة وتضيف وزنًا كبيرًا أثناء النقل، وبسبب ما تحدثه من مضايقات عند انصهار الثلج (عن Rubatzky وآخرين ١٩٩٩).

هذا ولا يعد الكرفس حساسًا للبرودة، وهو يتجمد على حرارة –٠.٥°م

التخزين

التخزين المبرد العادى

يمكن تخزين رؤوس الكرفس بحالة جيدة لمدة شهر كامل فى حرارة الصفر المئوى،

مع رطوبة نسبية مقدارها ٩٥٪–٩٨٪ وتعتبر الرطوبة العالية ضرورية حتى لا تذبل الأوراق ومن الضرورى – أيضًا – توفير تهوية جيدة خلال فترة التخزين؛ حتى لا تنتشر الإصابة بمرض العفن الطرى المائى. ويمكن أن يبقى الكرفس بحالة جيدة لمدة أسبوعين على ٥°م، ولكن قد يحدث نمو بسيط فى الرأس فى حرارة تزيد عن الصفر المئوى.

هذا .. ولا يجب غسيل الكرفس المعد للتخزين، كما لا تهذب رؤوسه إلاّ قليلاً. ويتم غسيله وتهذيبه جيدًا بعد انتهاء فترة التخزين وقبل تسويقه مباشرة (عن Rubatzky وآخرين ١٩٩٩)

ويكتسب الكرفس أثناء تخزينه الروائح الغريبة من المنتجات المخزنة معه؛ ولذا يجب تخزينه منفردًا (عن Salunkhe & Kadam ١٩٩٨)

التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته والجو المعدل

وجد Reyes & Smith (١٩٨٧) أن جودة رؤوس الكرفس التى خزنت – لمدة ١١ أسبوعًا – فى حرارة –١°م، فى جو يحتوى على ١,٥٪ أكسجينًا كانت أفضل من تلك التى خزنت فى درجة الحرارة نفسها فى الهواء العادى. وقد تحسنت النوعية بزيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون إلى ٢.٥٪–٧,٥٪ وكان العفن شديدًا فى الكرفس المخزن فى الجو الذى يحتوى على النسبة الطبيعية من غاز الأكسجين. وكانت أكثر الفطريات المسببة للعفن انتشارًا هى: *Batrytis cinerea*، و *Sclerotinia sclerotiorum*.

وكان الفقد فى وزن رؤوس الكرفس أقل من ١٠٪ بعد ١٠ أسابيع من التخزين فى جو يحتوى على ١٪ أكسجين مع ٢٪ أو ٤٪ ثانى أكسيد كربون على درجة الصفر المئوى. وأدى التخلص الدائم من الإثيلين أثناء التخزين إلى إحداث تحسن معنوى فى صفات المنتج التسويقية وأدت ظروف التخزين تلك (١٪ أو ٢٪ أكسجين مع ٢٪ أو ٤٪ ثانى أكسيد كربون) إلى منع الإصابة بالساق الأسود أثناء التخزين وعمومًا فقد

حسنت تلك الظروف من لون الكرفس المخزن، ومظهره، وطعمه، وصلاحيته للتسويق مقارنة بالكرفس المخزن على الصفر المئوى ولكن فى الهواء العادى (Smith & Reyes ١٩٩٨).

أدى التخزين فى ٣٪ أكسجين، و ٥٪ ثانى أكسيد كربون على درجة الصفر المئوى ورطوبة نسبية عالية إلى تقليل الإصابة بالأعفان وتقليل الفقد فى اللون الأخضر (عن Rubatzky وآخرين ١٩٩٩).

وقد أدى تغليف الكرفس فى أغشية من البوليثيلين عند تخزينه على ٢ْم إلى خفض الفقد فى الوزن الطازج – بعد ٤١ يومًا من التخزين – من ٢٢,٩٪–٣٢,١٪ فى الكنترول (غير المغلف) إلى ١,٩٪–٢,٤٪ فى معاملة التغليف، هذا بينما انخفض محتوى حامض الأسكوربيك إلى أقل من ٥٠٪ من قيمته الابتدائية فى كل الحالات (Kwon وآخرون ١٩٩٨).

هذا إلاّ أن كلاًّ من نقص الأكسجين عن ٢٪، وزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون عن ١٠٪ تؤثران سلبيًّ على طعم الكرفس المخزن ونكهته (عن Lougheed ١٩٨٧) ولذا يجب فى حالة تغليف الكرفس أن تكون جميع الأغشية المستعملة فى التغليف مثقبة حتى لا تتراكم بداخلها تركيزات عالية من ثانى أكسيد الكربون، ولكى لا ينخفض فيها تركيز الأكسجين إلى أقل من ١٪ (عن Salunkhe & Desai ١٩٨٣).

التغيرات المصاحبة للتخزين

يحدث بعض النمو فى رؤوس الكرفس أثناء التخزين، حيث تنمو ساق النبات وأعناق الأوراق الداخلية الصغيرة. كذلك يحدث اصفرار جزئى لأعنق الأوراق الخارجية فى معظم الأصناف، ويكون النمو الداخلى على حساب نضارة الأوراق الخارجية وصلابتها

ويترتب على التخزين لفترة طويلة حدوث فقد جزئى فى اللون الأخضر، وهو أمر تقل أهميته فى الأصناف الذاتية التبييض

كذلك يؤدى تخزين الرؤوس فى وضع أفقى إلى جعل أعناق الأوراق تتجه إلى أعلى (عكس اتجاه الجاذبية الأرضية)، ولذا يجب وضع الرؤوس قائمة

التصدير

يتعين تبريد الحاويات التى تستخدم فى شحن الكرفس إلى الصفر المئوى، مع توفير ٩٠٪–١٠٠٪ رطوبة نسبية، وعلى أن تكون التهوية بمعدل ٦٠م^{3}/ساعة (٣٥ قدم مكعب/دقيقة) بالنسبة للحاويات الـ ٢٠ قدم، وبمعدل ١٢٠ سم^{3}/ساعة (٧٠ قدم مكعب فى الدقيقة) بالنسبة للحاويات الـ ٤٠ قدم يبقى الكرفس بحالة جيدة فى هذه الظروف لمدة ١–٣ شهور ويراعى أن الكرفس يتجمد على –٠,٥°م (Optimal Fresh ٢٠٠١ – الإنترنت)

الكرفس المجهز للمستهلك

يجهز الكرفس الطازج للمستهلك على صورة مكعبات صغيرة diced، ومقطعًا إلى شرائح sliced أو على صورة عصى sticks

يجب أن تخلو أعناق الأوراق المجهزة من الأوراق والبقع البنية والتشققات، وألاّ تكون أسطحها المقطوعة بيضاء اللون يجب أن يصل المنتج فى حرارة ٧°م وأن يخزن على ٢–٤°م قبل تجهيزه، وعلى ١–٣°م بعد ذلك.

ويستفيد الكرفس المجهز للمستهلك من التخزين فى جو يحتوى على ٥٪ أكسجين + ٤٪ ثانى أكسيد كربون. ويعد فقد الرطوبة أهم العوامل المؤثرة فى الجودة حتى وإن حدث ذلك بنسبة بسيطة فى حدود ٢,٥٪ إلى ٥٪. ويمكن الحد من الفقد الرطوبى بالمعاملة بأغلفة صالحة للأكل. ويؤدى الفقد الرطوبى غير المتساوى بين نسيج القشرة والنسيج الوعائى إلى بروز الحزم الوعائية – الأقوى – عدة ملليمترات من السطح المقطوع لأعناق الأوراق. ويرتبط ظهور حالة الأعناق الإسفنجية بالتعرض للشدّ الرطوبى أثناء النمو والتجريح أثناء التجهيز

البقدونس

الحصاد والتداول والتخزين

يحصد البقدونس عندما يبلغ طوله حوالى ٣٠ سنتيمترًا، ويجرى ذلك بحش الأوراق من فوق سطح التربة فى الجو المعتدل، مع تكرار ذلك ٢–٣ مرات أخرى كل حوالى ٣–٤ أسابيع، وإما بتقليع النباتات بجذورها عند الرغبة فى ذلك، وكذلك فى الجو المائل للحرارة الذى يخشى فيه من اتجاه النباتات نحو الإزهار

يمكن تبريد البقدونس أوليًا بأى من طرق الغمر فى الماء المثلج، أو تحت التفريغ، أو بالدفع الجبرى للهواء

ويخزن البقدونس على الصفر المئوى مع ٩٥٪–١٠٠٪ رطوبة نسبية، حيث يمكن أن يبقى تحت هذه الظروف بحالة جيدة لمدة شهر واحد إلى شهرين، مقارنة بنحو ثلاثة أيام فقط على ١٨–٢٠°م مع ٨٥٪–٩٠٪ رطوبة نسبية وتكون نهاية فترة التخزين على الصفر المئوى عندما يذبل البقدونس بفقده ٢٠٪ من رطوبته

ويفيد الجو المعدل فى زيادة فترة احتفاظ البقدونس بجودته أثناء التخزين، ولكن يجب الحد من التغير فى درجة الحرارة والتكثف الرطوبى.

ويمكن للبقدونس تحمل ٨٪ إلى ١٠٪ أكسجين، مع ٨٪–١٠٪ ثانى أكسيد كربون، ولكن قد لا يكون لذلك أهمية على الصفر المئوى، وإن كان لذلك أهميته على ٥°م، حيث يؤدى إلى تأخير اصفرار الأوراق.

لا يعد البقدونس حساسًا للبرودة، علمًا بانه يتجمد على –١,١°م.

التنفس وإنتاج الإثيلين

لا يُنتج البقدونس سوى القليل جدًا من الإثيلين (٠,٨ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٢٠°م)، ولكن تعرضه للإثيلين من مصدر خارجى بتركيز ٠,٤ ميكروليتر/لتر على حرارة تزيد عن الصفر المئوى يؤدى إلى اصفراره ولا تؤدى معاملة البقدونس بالإثيلين إلى زيادة معدل تنفسه (Heyes ٢٠٠٤)

ويتباين معدل تنفس البقدونس حسب درجة الحرارة، كما يلى

الحرارة (° م)	معدل التنفس (مجم ثانى أكسيد كربون/ كجم فى الساعة)
صفر	٢٢–٣٨
٥	٤٩–٧٠
١٠	٧٨–١٥٠
١٥	١٣١–١٦٨
٢٠	١٧٦–٢٢١
٢٥	٢٥٩–٢٨٩

ويزداد تنفس الأوراق الكبيرة الخارجية عن الأوراق الصغيرة الداخلية

ويحتفظ البقدونس بنكهته وطعمه بصورة أفضل عند تعبئته فى أغشية مثقبة عما فى حالة تعبئته فى أغشية غير مثقبة (Heyes ٢٠٠٤)

الهندباء

الحصاد والتداول والتخزين والفسيولوجى

تحصد الهندباء بقطعها عند سطح الأرض بعد استكمالها لنموها وهى بقطر ٢٥–٣٠سم، وأوراقها المركزية بيضاء اللون، وتعبأ الرؤوس فى كراتين فى الحقل يجب أن تحتفظ الأوراق بطعم مر معتدل المرارة، علمًا بأن الأوراق تتصلب وتزداد مرارتها بشدة إذا تأخر الحصاد عما ينبغى، حيث تصبح الرؤوس غير صالحة للتسويق.

تبرد الهندباء أوليًّا بطريقتى التفريغ والماء المثلج.

وأنسب حرارة لتخزين الهندباء هى الصفر المئوى ورطوبة نسبية ٩٥٪–١٠٠٪، حيث يمكن أن تبقى بحالة جيدة لمدة ٢–٣ أسابيع، بينما يمكن أن تحتفظ بجودتها لنصف تلك المدة على ٥°م.

ينخفض كثيرًا إنتاج الهندباء من الإثيلين، إلا أن تعرضه للإثيلين من مصدر خارجى يؤدى إلى اصفرار أوراقه

ويتباين معدل تنفس الهندباء حسب درجة الحرارة، كما يلى (Saltveit ٢٠٠٤)

الحرارة (° م)	معدل التنفس (مجم ثانى أكسيد كربون/ كجم فى الساعة)
صفر	٤٥
٥	٥٢
١٠	٧٣
١٥	١٠٠
٢٠	١٣٣
٢٥	٢٠٠

التصدير

تكون الهندباء مطلوبة فى الأسواق الأوروبية خلال الفترة من ديسمبر إلى مايو

تحدد الأسواق الأوروبية ما تتطلبه من شروط فى الهندباء المسوقة فيها – بعد إعدادها وتعبئتها – فيما يلى

١– أن تكون الرؤوس كاملة، وغير مصابة بأية أعفان، وطازجة، والأوراق غير مرتخية

٢– أن تكون الرؤوس نظيفة، وخالية تمامًا من الأوراق الملوثة بالتربة أو ببيئة الزراعة، أو أى مادة غريبة

٣– أن تكون الرؤوس خالية من جميع الأضرار التى تسببها الآفات

٤– ألاّ تكون الرؤوس قد بدأت فى الاتجاه نحو التزهير

٥– أن تكون الرؤوس خالية من الرطوبة الحرة غير العادية ومن جميع الروائح الغريبة والطعم غير الطبيعى.

٦– أن يكون قطع الساق قريبًا من قاعدة الأوراق الخارجية.

ولكن يسمح بوجود تلون أحمر خفيف – الأمر الذى يحدث عند انخفاض درجة الحرارة – إلاّ إذا أثر ذلك بصورة جوهرية على مظهر الهندباء

وبصورة عامة يجب أن يكون المنتج بحالة جيدة تسمح له بتحمل النقل والتداول والوصول إلى الأسواق بحالة مرضية.

وتصنف المحاصيل إلى ثلاث درجات، كما يلى:

١- الدرجة الأولى Class I

يجب أن تكون رؤوس هذه الدرجة ذو نوعية جيدة وتظهر بها الصفات المميزة للصنف أو الطراز، وخاصة اللون، كما يجب أن تكون الرؤوس جيدة التكوين، وصلبة، وخالية من الأضرار الفيزيائية، والتدهور، وأضرار الصقيع كما يجب أن تكون أوراق وسط الرأس فى كلا الطرازين (ذات الأوراق المهدبة وذات الأوراق العريضة) صفراء اللون

٢- الدرجة الثانية Class II

تضم هذه الدرجة الرؤوس التى لا تتوفر فيها شروط الدرجة الأولى، ولكنها تكون جيدة التكوين بشكل كافٍ وخالية من الأضرار التى يمكن أن تحط من نوعيتها ويمكن لرؤوس الرجة الثانية أن يظهر عليها تغيرات لونية بسيطة، وأضرار بسيطة من فعل الآفات.

٣- الدرجة الثالثة Class III.

يجب أن تتوفر فى منتج هذه الدرجة الشروط ذاتها التى أسلفنا بيانها لمنتج الدرجة الثانية، ولكن يسمح بتلوث الأوراق قليلاً بالتربة أو ببيئة الزراعة شريطة ألاّ يؤثر ذلك كثيرًا على مظهر الرؤوس

يُحدد الحد الأدنى لوزن الرؤوس فى الرتبتين الأولى والثانية – أيًا كان طرازها – بمقدار ٢٠٠ جم لتلك التى أنتجت فى الزراعات الحقلية، وبمقدار ١٥٠ جم لمحصول الزراعات المحمية.

أما بالنسبة لرؤوس الدرجة الثالثة فإن الحد الأدنى لوزنها – أيًا كانت طريقة إنتاجها – هو ١٠٠ جم

وفى كل الرتب .. يجب ألاّ يزيد الفرق بين أكبر الرؤوس وأصغرها فى العبوة الواحدة لأى طراز عن ١٥٠جم لتلك التى أنتجت فى الزراعات الحقلية، وعن ١٠٠جم لمحصول الزراعات المحمية

يسمح في كل عبوة من عبوات الدرجة الأولى بنسبة ١٠٪ من الرؤوس التي لا تتوفر فيها شروط الدرجة فيما يتعلق بالجودة والحجم، وشريطة أن تحقق تلك الرؤوس شروط الدرجة الثانية، كما يسمح في كل عبوة من عبوات الدرجة الثانية بنسبة ١٠٪ من الرؤوس التي لا تتوفر فيها شروط تلك الدرجة فيما يتعلق بالجودة والحجم والشروط العامة للدرجة، شريطة أن تكون خلوًا من الأعفان والتدهور الذي يجعلها غير صالحة للاستهلاك، ويسمح كذلك في كل عبوة من عبوات الدرجة الثالثة بنسبة ١٥٪ من الرؤوس التي لا تحقق الحد الأدنى لمواصفات تلك الدرجة، شريطة أن تكون خلوًا من الأعفان والتدهور الذي يجعلها غير صالحة للاستهلاك

وفي كل الدرجات يسمح بنسبة ١٠٪ بالعدد من الرؤوس التي لا تتوفر فيها شروط الحجم، ولكنها تزن مالا يزيد عن ١٠٪ بالزيادة أو بالنقص عن الحجم المطلوب

يجب أن يكون محتوى كل عبوة متجانسًا، وأن تكون كل الرؤوس من أصل واحد وصنف واحد ومتماثلة في الجودة والحجم

كما يجب أن تكون الطبقة المرئية في كل عبوة ممثلة للعبوة كلها

يجب وضع الرؤوس في العبوة في صفوف، فيما لا يزيد عن ثلاث طبقات وإذا كانت الرؤوس في طبقتين فإنهما يجب أن تكونا متقابلتين، وفي حالة وجود طبقة ثالثة فإن اثنتان منها يجب أن تكونا متقابلتين

وتجب تعبئة الهندباء بطريقة لا تسمح بشدة انضغاطها أو بوجود فراغات بين الرؤوس.

كما يجب أن تكون العبوة نظيفة تمامًا وخاصة من الداخل، ويسمح بوضع ملصقات على الرؤوس، شريطة ألاّ تحتوى على أحبار أو صموغ سامة

يجب أن يوضع على كل عبوة البيانات التالية:

١- اسم المُصَدِّر وعنوانه

٢- اسم المُنتَج (الهندباء) وطرازه
٣- فى حالة الإنتاج فى زراعات محمية يوضح ذلك
٤- اسم الصنف (اختيارى).
٥- اسم الدولة المُصَدِّرة.
٦- الدرجة (الرتبة)، والحجم بالحد الأدنى للوزن أو بالعدد.
٧- الوزن الصافى (اختيارى).

الشيكوريا

اكتمال التكوين للحصاد، والحصاد

يتحدد الوقت المناسب لحصاد شيكوريا الرؤوس radiccho بالوصول إلى الحجم الصالح للتسويق، والذى يكون – عادة – بعد ٧٥–٨٥ يومًا من زراعة البذور ويتغير لون بعض الأصناف من الأخضر إلى الأحمر أو إلى الأحمر القرمزى عند اكتمال تكوينها، وقد يحدث هذا التغير اللونى مع بدء حلول الجو البارد تكون الرؤوس صلبة ومندمجة عند اكتمال تكوينها. وتكوّن بعض الأصناف رؤوسًا غير مندمجة تشبه الخس الرومين، وهى التى تعرف باسم leaf raddichio. ويجب أن تحصد الشيكوريا بجزء صغير من جذرها لكى تبقى الأوراق فى مكانها دون انفصال.

ويؤدى تأخير الحصاد إلى زيادة مرارة الأوراق إلى درجة غير مقبولة، وتليفها، مما يفقدها قيمتها الاقتصادية.

يراعى عدم إجراء الحصاد حال وجود الندى أو ماء المطر على الأوراق حتى لا تزداد قابليتها للتمزق عند التداول.

يجرى الحصاد – عادة – يدويًا، مع مراعاة المحافظة على نظافة الرؤوس وخلوها من التربة يترك بكل رأس عددًا من الأوراق السليمة المغلفة لها.

تتباين أصناف الشيكوريا فى شكلها ولونها ما بين المخروطية الرأس بأوراق حمراء

مندمجة. إلى مفتوحة تماما (لا تكون رؤوس) بأوراق خضراء أو حمراء. و كروية الشكل بأوراق حمراء وللأوراق طعم حلو مر bittersweet شبيه بطعم الهندباء والهندباء البلجيكية

ومن أهم صفات جودة الشيكوريا أن يكون العرق الوسطى أبيض لامع وخالٍ تمامًا من التشققات والتفلقات، مع عدم وجود أى تحلل فى حواف الأوراق، وأى أضرار للإصابات الحشرية، وأى أضرار من تلك التى قد تحدث جراء الحصاد أو التعبئة، وكذلك غياب أى أعفان بكتيرية فى مكان قطع الجذور (Suslow & Cantwell ٢٠٠٧)

التنفس وإنتاج الإثيلين

يبلغ معدل تنفس الشيكوريا ١٢ ملليلتر من ثانى أكسيد الكربون/كجم فى الساعة على ٥ ٧°م، تزيد إلى ٢٥ مل على ٢٥°م

ويتراوح إنتاج الشيكوريا للإثيلين بين ٠٫٦ و ١٫٠ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٢٠°م.

ويؤدى تعرض الشيكوريا للإثيلين من مصدر خارجى إلى زيادة سرعة تلون حواف الأوراق باللون البني وسرعة التحلل. كذلك يتحول لون المرق الوسطى للأوراق من الأبيض إلى الوردى أو القرمزى بعد ستة أيام من تعرض الرؤوس للإثيلين بتركيز ١٠ أجزاء فى المليون على ٧٫٥°م.

التداول والتخزين

يراعى دائمًا إما تغليف الرؤوس المفردة فى أغشية البوليثيلين، وإما تبطين كراتين التعبئة بها، على أن تكون الأغشية المستعملة فى أى من الطريقتين مثقبة لكى تسمح بتبادل الغازات فلا يصبح الجو المحيط بالرؤوس ضارًا بها. ولكى يسمح هذا الغشاء المثقب ببقاء الرطوبة النسبية مرتفعة ولكن أقل من ١٠٠٪

كذلك يُراعى ضرورة تبريد المحصول أوليًا إلى ١°م بعد الحصاد للمساعد فى زيادة

قدرته التخزينية. ويعد التبريد تحت التفريغ أكثر كفاءة فى تبريد الشيكوريا عن استعمال الماء البارد. ويفيد رش رؤوس الشيكوريا بقليل من الماء النظيف قبل تبريدها أوليًّا تحت التفريغ فى زيادة كفاءة عملية التبريد عندما تكون الرؤوس المراد تبريدها أوليًّا جافة وتزيد حرارتها عن ٢٤°م.

تخزن الشيكوريا على درجة الصفر المئوى مع ٩٥٪ رطوبة نسبية، حيث يمكن أن تحتفظ بجودتها لمدة ١٦–٢١ يومًا، وتقصر فترة الصلاحية للتخزين إلى ١١ يومًا على ٦°م. وتعبأ الشيكوريا عادة – بعد تبريدها أوليًّا – فى أغشية بوليمرية داخل كراتين.

وقد تستفيد الشيكوريا من تخزينها فى جو يتكون من ٣٪ أكسجين + ٥٪ ثانى أكسيد كربون، إلا أن الحرارة المنخفضة تبقى هى العامل الأساسى فى المحافظة على الجودة (Suslow & Cantwell ٢٠٠٧).

شيكوريا وتلوف

الحصاد

تقطع الشيكونات أو تقصف من الجذور يدويًّا وتزال منها جميع الأوراق السائبة، وتنظف عند الضرورة.

يبلغ طول الشيكونات الجيدة ١٥–٢٠سم، وتكون مندمجة ومغزلية الشكل، وتزن ٥٥–٨٥جم، وخالية تمامًا من أى لون أخضر. ويعطى كل ١٠٠ كجم من الجذور حوالى ١٥–٢٠ كجم من الشيكونات.

التداول والتخزين

يجب تداول الشيكونات بعناية حتى لا تصاب بأى كدمات أو أضرار ميكانيكية.

يجب تبريد الشيكونات بأسرع ما يمكن، مع عدم بلها. ويكون التخزين على ١–٢°م مع ٩٥٪–٩٨٪ رطوبة نسبية، حيث تحتفظ بجودتها لمدة ٢–٤ أسابيع.

يفيد كثيرًا تغليف الشيكونات المفردة فى أغشية مثقبة فى احتفاظها بجودتها.

ويتعين عدم تعريض الشيكونات للضوء أثناء تداولها وعرضها بالأسواق، لكي لا يتكون بها الكلوروفيل، وتتم حمايتها من الضوء أثناء التسويق باستعمال ورق بارافين زرق ويجب أن تكون أوراق الشيكونات بيضاء اللون والقمة بيضاء مصفرة

التصدير

تتطلب السوق لأوروبية المشتركة أن تتوفر في شيكوريا وتلوف witloof chicory المسوقة فيها لأجل الاستهلاك الطازج الشروط التالية

١- أن تكون الشيكونات سليمة وخالية تمامًا من أى تدهور أو تحلل، وأن تكون طازجة المظهر

٢- أن تكون خالية تمامًا من التلون والخدوش والكدمات.

٣- أن تكون خالية من أضرار القوارض والإصابات المرضية وأضرار الحشرات

٤- ألا يزيد فيها طول الساق الزهرية (الداخلية) عن ٧٥٪ من طولها.

٥- أن تكون نظيفة وخالية من التلوث بالتربة والمواد الغريبة

٦- أن تكون باهتة، فتكون بيضاء اللون أو بيضاء مصفرة

٧- أن يكون مكان قطعها نظيفًا.

٨- أن تخلو من الرطوبة الحرة الخارجية

٩- أن تخلو من أى رائحة أو طعم غريبين

وتدرج شيكونات الشيكوريا إلى أربع رتب كما يلي:

١- رتبة الإكسترا Extra:

يجب أن تكون شيكونات رتبة الأكسترا جيدة التكوين، مندمجة، ومغلقة جيدًا عند أطراف الأوراق، ولا يقل طول أوراقها الخارجية عن ٧٥٪ من طولها، وألاّ تكون مخضرة اللون أو زجاجية المظهر.

٢- رتبة الدرجة الأولى Class I.

يجب أن تكون شيكونات رتبة الدرجة الأولى ذو نوعية جيدة، ومندمجة، ولا يقل

طول أوراقه الخارجية عن ٥٠٪ من طولها، وألاّ تكون مخضرة اللون أو زجاجية المظهر
ويمكن لشيكونات هذه الرتبة أن تكون أقل انتظامًا فى الشكل مما فى رتبة الإكسترا، وأن تكون أقل اندماجًا وانغلاقًا، لكن يجب ألاّ يزيد قطر هذا الجزء الطرفى عن ٢٠٪ من أكبر قطر للشيكون.

٣- رتبة الدرجة الثانية Class II

تتوفر فى شيكونات هذه الرتبة المواصفات العامة التى ينبغى توفرها ولكن لا تتوفر فيها شروط أى من رتبتى الإكسترا أو الدرجة الأولى، فهى تكون غير منتظمة الشكل قليلاً، وخضراء قليلاً عند أطراف الأوراق، ومفتوحة قليلاً عند القمة، ولكن يجب ألاّ يزيد قطر الجزء الطرفى عن ٣٣٪ من أكبر قطر للشيكون.

٤- رتبة الدرجة الثالثة Class III.

تتوفر فى شيكونات هذه الرتبة مواصفات رتبة الدرجة الثانية، ولكن يمكن أن تزيد فيها درجة عدم الانتظام فى الشكل وشدة التلون الأخضر عند أطراف الأوراق، كما يمكن أن يظهر عليها آثار من التلون الأحمر بالأوراق الخارجية.

يتم التدريج الحجمى تبعًا لكل من الشيكونات وطولها، كما يلى:

الأبعاد (سم)	الإكسترا	الدرجة الأولى	الدرجة الثانية	الدرجة الثالثة
أقل قطر				
شيكونات يقل طولها عن ١٤ سم	٢,٥	٢,٥	٢,٥	٢,٥
شيكونات لا يقل طولها عن ١٤ سم	٣	٣	٢,٥	٢,٥
أقصى قطر	٦	٨	—	—
أقل طول	٩	٩	٩	٩
أقصى طول	١٧	٢٠	٢٤	٢٤

حدا .. ولا يسمح بأى اختلافات فى طول أو قطر الشيكونات فى العبوة الواحدة تزيد عن الحدود التالية:

أبعاد (سم)	الإكسترا	الدرجة الأولى	الدرجة الثانية	الدرجة الثالثة
التباين فى الطول (سم)	٥	٨	١٠	١٠
التباين فى انقطر (سم)	٢,٥	٤	٥	بدون حدود

ويسمح فى كل عبوة بوجود شيكونات لا تنطبق عليها شروط الرتبة الخاصة بالعبوة، ولكن تنطبق عليها شروط الرتبة التالية لها على ألاّ تزيد نسبة هذه الشيكونات بالوزن أو بالعدد عن ٥٪ فى رتبة الإكسترا، و ١٠٪ فى الدرجتين الأولى والثانية، و ١٥٪ فى الدرجة الثالثة ويسمح فى الدرجتين الثانية والثالثة بألاّ تتوفر فى الشيكونات المخالفة الشروط العامة للجودة، على ألاّ تكون مصابة بالأعفان ومتدهورة إلى درجة تجعلها غير صالحة للاستهلاك.

كذلك يسمح بتجاوزات تصل إلى ١٠٪ بالوزن أو بالعدد يزيد فيها طول الشيكونات – أو قطرها – أو ينقص عن الحدود المسموح بها بمقدار ١ سم، شريطة ألاّ يقل القطر عن الحد الأدنى المحدد

البصل الأخضر

اكتمال النمو للحصاد، والحصاد

تكون نباتات البصل جاهز للحصاد – غالبًا – بعد نحو ٧٥–٨٠ يومًا من زراعة البذور، ولكن تلك الفترة قد تقصر إلى ٦٠ يومًا (كما فى الجو المعتدل والأصناف السريعة النمو فى الأراضى الصفراء)، وقد تطول إلى ٩٠ يومًا (كما فى الجو الحار وأصناف البطيئة النمو فى الأراضى الرملية)، وإلى ١٢٠ يومًا (كما فى الجو البارد فى الأراضى الرملية)

إذا كان نمو الحقل منتظمًا فإن جميع النباتات تحصد بجذبها من ساقها البيضاء،

إما بعد تمرير شفرة قاطعة تحت مستوى الجذور خاصة في الأراضى الرملية. وإما دون إمرار لشفرة أما إذا لم يكن نمو الحقل منتظمًا فإنه يحصد على دفعتين يتم فى الأولى جذب "تسليت" جميع النباتات التى تكون قد وصلت إلى حجم مناسب للحصاد، ثم يروى الحقل ويسمد ويرش بمبيد فطرى عند الحاجة ويترك لمدة ٢-٣ أسابيع قبل استكمال تقليع ما به من نباتات.

التنفس وإنتاج الإثيلين

يتوقف معدل تنفس البصل الأخضر على درجة الحرارة، كما يلي.

الحرارة (°م)	معدل التنفس (مجم ثانى أكسيد كربون/ كجم فى الساعة)
صفر	٥-٦
٥	٩-١٩
١٠	١٨-٣١
١٥	٣٣-٥٨
٢٠	٤٠-٩٠
٢٥	٤٩-١٠٥

يعنى ذلك أن تنفس البصل الأخضر يزيد بمقدار ١٠-٢٠ مرة على ٢٥°م عنه على الصفر المئوى ونظرًا لأن التدهور فى الجودة يتناسب طرديًا مع معدل التنفس، لذا يمكن التنبؤ بأن كل ساعة تأخير فى تبريد البصل أوليًا تعادل — عند ٢٥°م — حوالى ١٠-٢٠ ضعف التدهور الذى يحدث على الصفر المئوى. وعمومًا .. يوصى بعدم تأخير تبريد البصل الأخضر أوليًا عن ثلاث ساعات فى الجو الحار

ويُنتج البصل الأخضر الإثيلين بمعدل ٠،١ ميكروليتر كل كيلوجرام فى الساعة على ٢٠°م، وهو معدل شديد الانخفاض، كما أن البصل الأخضر لا يعد حساسًا للإثيلين الذى قد يتعرض له من مصادر خارجية (Suslow & Cantwell ٢٠٠٧)

التداول

يتعين تبريد البصل الأخضر أوليًا إلى أقل من ٤°م في خلال ٤-٦ ساعات من حصاده، خاصة إذا أجرى الحصاد فى جو حار وأفضل وسيلة لذلك هى بطريقة الدفع الجبرى للهواء، أو تحت التفريغ.

ويجهز البصل للمستهلك بالتخلص من ورقة أو ورقتين من الأوراق الخارجية المسنة، وتقليم الجذور بحيث لا يتبقى منها سوى نحو ٣-٥ مم، ثم قص الأوراق من أطرافها لتصبح بطول موحد يتراوح – عادة – بين ٢٥، و ٢٨ سم من الساق القرصية إلى القمة

ويلى ذلك تجهيز النباتات فى ربط (عملية الأستكة) تزن كل منها حوالى ١٤٠جم على ألا يقل عدد النباتات فى كل ربطة عن سبعة ولا يزيد عن إحدى عشر

يُشترط فى النباتات المجهزة أن يكون طول الساق البيضاء (الساق الكاذبة) حوالى ⅓ طول النبات كله، وأن تكون الأوراق خضراء نضرة وخالية من الإصابات المرضية والحشرية

هذا . وقد أدى نقع نباتات البصل الأخضر فى ماء يحتوى على كلور بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون لمدة دقيقة واحدة على حرارة ٢٥°م إلى انخفاض العدّ الميكروبى دون التأثير على نوعية المنتج ولكن زيادة تركيز الكلور عن ذلك أدت إلى زيادة العدّ الميكروبى بعد ٧ أيام من المعاملة، وإلى حدوث فقد فى حامض الأسكوربيك، وتغيرات جوهرية فى اللون فى المحصول المخزن. هذا . ولم توفر المعاملة بالكلور حماية للبصل من الإصابة بالأعفان خلال فترات التخزين الطويلة (Park & Lee ١٩٩٥).

التخزين المبرد العادى

إن الظروف المثلى لتخزين البصل الأخضر هى حرارة الصفر المئوى ورطوبة نسبية تزيد عن ٩٨٪، حيث يمكن أن يبقى بحالة طازجة فى هذه الظروف لمدة ٣-٤ أسابيع ويفيد تبطين الكراتين بالبوليثيلين فى المحافظة على الجودة

أما في حرارة ٥–١٠°م فإن فترة احتفاظ البصل الأخضر بجودته لا تزيد عن ٧ أيام وفي درجات الحرارة الأعلى يكون اصفرار الأوراق والإصابة بالأعفان سريعًا.

وقد استمر احتفاظ البصل الأخضر المجهز في ربُط بجودته لمدة يومين فقط في حرارة الغرفة، ولمدة سبعة أيام في حرارة ٢ ± ١°م بعد تبريده بالماء المثلج وتعبئته في كراتين مبطنة بغشاء من البوليثيلين، وبعد أسبوع آخر من التخزين تحت هذه الظروف كان التدهور في مظهر البصل قليلاً جدًّا، وكان تفوق البصل الذى سبق تبريده أوليًّا بالماء المثلج على البصل الذى لم يعط تلك المعاملة في مظهره الطازج ضئيلاً (Att-Aly ١٩٩٨).

هذا.. ويحدث الاصفرار عند تخزين البصل الياباني الأخضر بعد ثلاثة أيام فقط من التخزين على ٢٥°م، بينما لا يحدث ذلك على ٤°م، ويصاحب الاصفرار زيادة في نشاط الإنزيم chlorophyll degrading peroxidase، وفي الـ mg-dechelation (Dissanayake وآخرون ٢٠٠٨).

وتبدأ أضرار التجمد في الحدوث عند حرارة –١,٠°م، وأهم أعراضها المظهر المائي للأنسجة المتأثرة، وذبول الأوراق واكتسابها مظهرًا جيلاتينيًّا بعد تفككها، ويلي ذلك مباشرة الإصابة بالعفن الطرى البكتيرى.

التخزين فى الجو المتحكم فى مكوناته والجو المعدل

يمكن تخزين البصل الأخضر لمدة ٦–٨ أسابيع في ٢٪ أكسجين + ٥٪ ثاني أكسيد كربون على الصفر المئوى، ويمكن للبصل تحمل ١٪ أكسجين + ٥٪ ثاني أكسيد كربون، ما دام التخزين في الصفر المئوى، إلا أن رائحته تتغير في ظل هذه الظروف مع حرارة ٥°م (Adamicki ٢٠٠٤).

كما أدى تخزين البصل الأخضر المجهز للمستهلك في ١.٠٪–٢.٠٪ أكسجين + ٧,٥–٩٪ ثاني أكسيد كربون إلى المحافظة على الجودة لأكثر من أسبوعين على ٥°م، ولم يكن لتلك المعاملة أى تأثير على انحناء الأوراق أو ظاهرة بروز قواعد الأوراق telescoping. هذا إلا أن المعاملة بالماء الساخن (٥٥°م لمدة دقيقتين) لقواعد الأوراق أدت إلى التخلص من

ضهرة الـ telescoping على ٥°م، كما أدت تلك المعاملة — كذلك — إلى المحافظة على محتوى البصل من اسكوربيت الذائبة الكلية من الانخفاض الذى لوحظ مع التخزين فى النباتات التى لم تُعامل حراريًا. هذا ولم تكن للمعاملة الحرارية تأثيرات على تركيز مركبات الـ thiosulfinate خلال ١٤ يومًا من التخزين على ٥°م (Hong وآخرون ٢٠٠٠)

ويتحقق التخزين فى جو معدل بتعبئة البصل فى أكياس من أغشية معدلة للهواء (MAP)

وقد أعطت التركيزات العالية من ثانى أكسيد الكربون (≤ ١٥٪) مؤشرات إيجابية لمكافحة التربس فى البصل الأخضر بعد الحصاد (Downes وآخرون ٢٠٠٨)

الظواهر والتغيرات المصاحبة للتخزين

يترتب على عملية تجهيز البصل للمستهلك الإضرار بالأنسجة، وحدوث تغيرات لونية، وفقد رطوبى، وأعفان بالأسطح المقطوعة أثناء التخزين والشحن وأحيانًا يتم بطريق الخطأ قطع الساق القرصية كاملة، مما يؤدى إلى نمو أو بروز قواعد الأوراق الداخلية، وهو الظاهرة التى تعرف باسم telescoping، والتى تؤدى إلى فقد البصل لقيمته التسويقية. ومن الظواهر الأخرى التى تسئ إلى مظهر البصل الأخضر وتحط من صلاحيته التسويقية انحناء الأوراق بسبب وضع البصل أفقيًا، وهى الظاهرة التى تعرف باسم الانجذاب السلبى للجاذبية الأرضية negative geotropism (عن Hong وآخرين ٢٠٠٠). وتفيد سرعة التبريد الأولى مع التخزين والشحن على الصفر المئوى، وكذلك اللجوء إلى الـ MAP فى الحد من تلك الظاهرة

وقد أمكن الحد بشدة من ظاهرة النمو التلسكوبى بتخزين البصل الأخضر فى الهواء على الصفر المئوى، بينما وصل النمو إلى ١٠–٢٠ مم فى خلال ١٠ أيام على ٥°م. وأمكن الحد من النمو التلسكوبى إلى ٥ مم فقط خلال ١٢–١٤ يومًا على ٥°م عند سبق معاملة قواعد السيقان بالماء الساخن على ٥٢.٥°م لمدة ٤ دقائق أو على ٥٥°م لمدة دقيقتين وكانت تلك المعاملة فعالة فى الحد من النمو سواء أكان إجراؤها قبل قطع نسق

القرصية. ثم بعده وبينما أدت المعاملة الحرارية إلى زيادة معدل التنفس خلال ١٢ يومًا على ٥°م، فإنها لم تؤثر على المظهر العام للبصل هذا وقد كانت المعاملة الحرارية على ٥٢°م وحدها أو مع المعاملة بالكلورين بتركيز ٥٠ إلى ٤٠٠ جزء في المليون أكثر كفاءة في الحد من النمو الميكروبي عن معاملة الغسيل بالماء العادى أو الكلور على ٢٠°م (Cantwell وآخرون ٢٠٠١).

الكرات أبو شوشة

اكتمال النمو للحصاد، والحصاد

يمكن لأصناف الكرات أبو شوشة أن تنمو لارتفاع ٥٠–١٠٠سم، وتحصد عندما يصل قطر الساق الكاذبة إلى ٢,٥–٥سم حسب الأسواق

ويكون الحصاد عادة بعد نحو ٤–٥ أشهر من الشتل وقد تبدأ النباتات في تكوين شماريخ زهرية إذا تأخر حصادها

لكي يكون الكرات أبو شوشة صالحًا للتسويق يجب ألا يقل قطر الساق الكاذبة عن ٢٠ مم. وألا يقل طولها عن ١٥٠ مم، متضمنة حوالى ٥٠ مم ورقة خضراء عند القمة، ويبلغ وزن النبات بالحد الأدنى لهذه المواصفات حوالى ١٦٠ جم. هذا إلا أن مدى الحد الأدنى لقطر الساق الكاذبة الذى يناسب التسويق — فى مختلف الأسواق — يتراوح بين ١٢,٥، و ٥٠ مم

هذا . بينما يتراوح الطول المثالى لنباتات الكرات أبو شوشة عند الحصاد بين ٢٥، و ٣٠سم، وقطر الساق الكاذبة المثالى بين ٤، و ٥سم.

وتتباين نباتات الكرات أبو شوشة كثيرًا فى أحجامها عند الحصاد، ويرجع جزء كبير من ذلك التباين إلى تباين النباتات فى وقت بزوغ بادراتها من التربة عند الإنبات، وإلى تباين الشتلات فى أحجامها عند الشتل (عن Brewster ١٩٩٤)

قد يجرى حصاد الكرات أبو شوشة يدويًا بالاستعانة بوتد مدبب أو منقرة صغيرة. وبسبب التباين فى أحجام النباتات فإن التقليع يستمر فى الحقل الواحدة لمدة شهرين

كما قد يجرى حصاد الكرات أبو شوشة آليًا، ويكون ذلك متبوعًا بالتنظيف اليدوى. ثم بالنفسين الآلى وكما فى حالة الحصاد اليدوى، فإن التباين فى أحجام النباتات يؤدى فى حالة الحصاد الآلى إلى زيادة تكلفة عملية الفرز، ويزيد من الفاقد بسبب الحاجة إلى استبعاد النباتات التى لم تبلغ حجمًا مناسبًا للتسويق، وتلك التى تكون أكبر كثيرًا فى الحجم عما ينبغى

التنفس وإنتاج الإثيلين

يتباين معدل تنفس الكرات أبو شوشة حسب درجة الحرارة، كما يلى

الحرارة (°م)	معدل التنفس (مجم ثانى أكسيد كربون/كجم فى الساعة)
صفر	١٠–٢٠
٤,٤	٢٠–٢٩
١٠	٥٠–٧٠
١٥,٦	٧٥–١١٧
٢١	١١٠
٢٦,٧	١٠٧–١١٩

وينتج الكرات الإثيلين بمعدل منخفض للغاية يبلغ ٠,١ ميكروليتر/كجم فى الساعة؛ ولكنه متوسط الحساسية للغاز، حيث يؤدى تعرضه للإثيلين من مصادر خارجية إلى طراوته وزيادة إصابته بالأعفان

وكذلك يتباين معدل تنفس الكرات المعد للمستهلك fresh-cut حسب درجة الحرارة التى يحفظ عليها وطريقة التجهيز، كما يلى:

الحرارة (°م)	الأوراق الكاملة	حلقات السمك ٢مم
٢	٢٤	٣٢
٥	٢٩	٤٩
١٠	٣٨	٥٧–٦٧
٢٣	١١٧	٢٥٢–٢٨٨

عمليات التداول

يتم تنظيف نباتات الكرات أبو شوشةفى الحقل بصفة مبدئية، سواء أجرى الحصاد يدويًا أم آليًا تجرى عملية التنظيف الحقلى يدويًا، ويلى ذلك عملية غسيل آلى، وتنظيف نهائى وتقليم فى محطة التعبئة، بحيث لا يتبقى من الجزء الأخضر للنباتات أكثر من ٣٠ سم كحد أقصى

وتجب سرعة تبريد الكرات بعد الحصاد إما بواسطة الماء البارد، وإما بواسطة الثلج، وإما بالتعرض للتفريغ، أو بالدفع الجبرى للهواء وتلك هى أفضل الطرق، مع ضرورة بقاء المنتج على درجة الصفر المئوى طوال فترة التخزين بعد ذلك.

ويجب أن يتم تجهيز الكرات وهو على حرارة ١-٣°م

وغالبًا ما يتم ربط النباتات فى حزم من ثلاث نباتات، أو تعبأ سائبة فى كراتين مبطنة بالبلاستيك؛ الأمر الذى يفيد كثيرًا فى زيادة طول فترة احتفاظها بجودتها أثناء التخزين.

ويجب دائمًا تعبئة الكرات فى ضع رأسى وإلا تعرضت السيقان الكاذبة للالتواء؛ ربما بسبب نموها تحت تأثير الجاذبية الأرضية

التخزين

إن أفضل الظروف لتخزين الكرات أبو شوشة هى حرارة -١ إلى صفر°م، ورطوبة نسبية ٩٥٪-٩٨٪ ويمكن تحت هذه الظروف تخزين المحصول بحالة جيدة لمدة ٨ أسابيع (Lutz & Hardenburg ١٩٦٨) ويعد التبريد ضروريًا لمنع الاستطالة وانحناء الأوراق؛ الأمر الذى يظهر بالكرات على ١٠-٢١°م

ويفيد تبطين كراتين الكرات بالبلاستيك - كثيرًا - فى زيادة طول فترة احتفاظه بجودته أثناء التخزين كما أسلفنا، وينطبق الأمر ذاته على خفض درجة الحرارة. ويستدل من إحدى الدراسات أن فترة التخزين تكون فى الحالات المختلفة كما يلى.

تبطين الكراتين بالبوليثيلين	على حرارة صفر°م مع الثلج	على حرارة صفر°م بدون ثلج	على ٤,٤°م	على ١٠°م
مبطنة	٥–٦ أسابيع	٤ أسابيع	> أسبوعين	١٣ يومًا
غير مبطنة	—	٣ أسابيع	٨ أيام	٧ أيام

لا يعد الكرات حساسًا لأضرار البرودة.

ويمكن أن تحدث أضرار التجمد في حرارة –٢°م، وتزداد شدة الأضرار بزيادة فترة التعرض لتلك الدرجة. ويمكن الحد من أضرار التجمد برفع حرارة المنتج بصورة تدريجية على ٥°م بعد إخراجه من المخزن (عن Brewster ١٩٩٤)

ويفيد التخزين في الهواء المتحكم في مكوناته والذى يحتوى على ٥٪–١٠٪ ثانى أكسيد كربون، و ١٪–٣٪ أكسجين في زيادة فترة تخزين الكرات أبو شوشة إلى ٤–٥ شهور (عن van der Meer & Hanlet ١٩٩٠)، إلاّ أن Saltveit (١٩٩٧) يوصى بتخزين وشحن الكرات في هواء يحتوى على ١٪–٢٪ أكسجين، و ٢٪–٥٪ ثانى أكسيد كربون تسمح هذه الظروف بتأخير الاصفرار والإصابة بالأعفان

هذا ويؤدى استعمال عبوات من أغشية غير مثقبة إلى تدهور جودة المنتج وتراكم الإيثانول والأسيتالدهيد به

التغيرات والظواهر المصاحبة للتخزين

تحدث استطالة في نباتات الكرات أثناء التخزين حتى في تلك التى تخزن على الصفر المئوى، حيث يبلغ معدل الاستطالة الأسبوعى < ١٪ على صفر°م مع الثلج المجروش، و ٣٪ على صفر°م بدون ثلج، و ١٣٪ على ٤,٤°م، و ٢٢٪ على ١٠°م وتكون الاستطالة – عادة – مصاحبة ببعض الانحناء بالأوراق

ويظهر الذبول على الأوراق حينما تفقد النباتات نحو ١٥٪ من وزنها (DeEll ٢٠٠٤)

ويزداد معدل تنفس الكرات بعد الحصد بارتفاع درجة حرارة التخزين، كما يزداد معدل تدهور المنتج مع كل ارتفاع فى درجة الحرارة. ويرجع ذلك إلى أن الكرات يفقد أثناء التخزين جزءًا من وزنه من خلال فقده للرطوبة، وبسبب التنفس، كما يحدث اصفرار للأجزاء الخضراء من النبات، مما يستدعى التخلص منها قبل تسويقها . ويتناسب ذلك كله طرديًا مع الارتفاع فى درجة الحرارة. وقد وجد أن كل جرام من ثانى أكسيد الكربون الذى ينطلق يعنى فقد ١,٤٪ من المنتج بسبب الحاجة إلى عملية إزالة الأجزاء المصفرة التى تصاحب التنفس.

التصدير

تبعًا لمقاييس السوق الأوروبية المشتركة (MAFF ١٩٩٨) فإن الكرات أبو شوشة الصالح للتسويق فيها يجب ألا يكون مقطوعًا (باستثناء أطراف الجذور والأوراق التى يمكن قطعها). وخاليًا من الأعفان، ونظيفًا (أى خاليًا من المواد الغريبة، ولكن يسمح بتواجد بعض التربة العالقة بالجذور)، وطازجًا (فلا توجد به أوراق ذابلة)، وخاليًا من الرطوبة الحرة الخارجية (فيجب تجفيفه جيدًا فى حالة غسله بالماء)، وخاليًا كذلك من الروائح الغريبة والمذاق غير المرغوب فيه، وإذا قطعت الأوراق فإن قطعها يجب أن يكون ناعمًا.

ويقسم الكرات إلى ثلاث درجات تتوقف مواصفاتها على مدى الالتزام بالمواصفات المبينة أعلاه، ومدى وجود العيوب بالمنتج، والتى من أهمها تواجد التراب بين أوراق الساق الكاذبة، ومدى ظهور أى اتجاه بالنبات نحو الإزهار. والتغيرات اللونية البسيطة، وتواجد بثرات الصدأ بالأوراق كما أن طول الجزء الأبيض أو الأبيض المخضر من الساق الكاذبة يجب ألا يقل فى محصول الدرجة الأولى عن ثلث طول النبات الكلى أو عن نصف الساق الكاذبة ذاتها، وتنخفض تلك النسبة فى محصول الدرجة الثانية إلى الربع والثلث على التوالى

وبينما يتحدد الحد الأدنى لقطر الساق الكاذبة للنبات بثمانى ملليمترات على

الأقل في المحصول المبكر، فإن الحد الأدنى المسموح به بعد ذلك هو ١٠ ملليمترات. وتتفاوت درجات الكرات في مدى عدم التجانس في قطر الساق الكاذبة داخل العبوة الواحدة.

الفصل الحادى عشر

عيش الغراب والكمأة ونبت البذور

عيش الغراب

الحصاد

يبدأ ظهور نباتات عيش الغراب *Agricus bisporous* – عادة – بعد نحو سبعة أسابيع من عدوى المراقد بالفطر (أو بعد نحو ٢–٣ أسابيع من التغطية). وتصبح جاهزة للحصاد بعد أربعة أيام أخرى، ويستمر الحصاد بعد ذلك – أسبوعيًّا – لمدة ٢–٣ أشهر.

ويحصد المشروم عند اكتمال تكوينه، وليس بالحجم. ويكتمل التكوين عندما تصبح القلنسوة كاملة الاستداره، ولكن قبل أن يتمزق الخمار. ويجب أن يكون طول الساق متناسباً مع قطره. فتكون النسبة بينهما صغيرة نسبيًّا، ولكن على أن يسمح طول الساق بتهذيبه وتقليمه حسب الحاجة، دون أن يكون القطع عند مستوى الخمار.

تجرى عملية الحصاد قبل تمزق النقاب فى المظلة بنحو ١٢ ساعة، ويتراوح قطر المظلة – حينئذ – بين ٢,٥ و ٧,٥سم، بينما يتراوح قطر الساق من ١–٢,٥سم ويكون الحصاد بالتقليع بالجذب لأعلى واللف معًا، وليس بالنزع. ويراعى دائمًا تقليع البقايا اللحمية التى تبقى بعد الحصاد حتى لا تتعفن، كما يجب ملء الفراغات التى تظهر بعد عملية الحصاد إما بإضافة كمية جديدة من نفس الغطاء الذى سبق استعماله، أو من نفس المرقد، ويساعد ذلك على توزيع ماء الرى بالتساوى.

تنتج مزارع عيش الغراب العادى نحو ١٣ كجم من الفطر من كل متر مربع من المراقد، وتتوزع هذه الكمية على عدة قطفات أسبوعية. ويمكن اعتبار المزرعة ذات كفاءة إنتاجية عالية إذا أمكن حصاد نحو ٠,٥–١,٠ كجم من المشروم (وزن طازج) لكل كيلو جرام من الكومبوست المستخدم (وزن جاف) تكون القطفة الأولى قليلة نسبيًّا، ثم يزيد

المحصول إلى أعلى معدل له فى القطفة الثانية، ثم يقل بصورة تدريجية بعد ذلك إلى نهاية فترة الحصاد التى تتراوح – غالباً – من ٤٠–٥٥ يومًا، وإن كانت تمتد – أحيانًا من ٣٠ إلى ١٥٠ يومًا، ويتوقف ذلك على عدة عوامل، أهمها درجة الحرارة، حيث يؤدى ارتفاعها إلى تقلص فترة الحصاد، وتكوين أجسام ثمرية صغيرة الحجم خفيفة الوزن طويلة الساق.

علاقة موعد الحصاد بكمية المحصول وجودته

وجد لدى مقارنة حصاد المشروم العادى قبل يومين أو يوم واحد من موعد الحصاد التجارى المتوقع بالحصاد فى الموعد المتوقع العادى، والحصاد بعده بيوم، أن الحجم الابتدائى للمشروم عند الحصاد يرتبط جوهريًّا بدرجة تفتح المظلة، وكلما ازداد تبكير الحصاد كلما قلت احتمالات تفتح المظلة خلال فترة التخزين التالية للحصاد لمدة ٣ أيام على ٢٠°م، وأكثر من ٩٠٪ رطوبة نسبية هذا ولم تتفتح أصغر الأجسام الثمرية (التى تراوح قطر مظلتها بين ١٥، و ٢٠ مم) أثناء التخزين أيًّا كان موعد حصادها وقد أظهرت الأجسام الثمرية التى كانت من حجم معين ولكن كان قطفها فى مواعيد مختلفة

أظهرت تماثلاً فى الحجم والمظهر وقت الحصاد، ولكن تفتح المظلات حدث بنسبة أكبر أثناء التخزين فى تلك التى قطفت فى المواعيد المتأخرة، وكان اكتمال تفتحها أثناء التخزين فى وقت أكثر تبكيراً. وعلى الرغم من تحسن الجودة عند إجراء الحصاد مبكرًا فإن النقص فى المحصول الذى يترتب على ذلك يكون كبيرًا، ولا يوصى بإجراء الحصاد مبكرًا إلا إذا كانت الزيادة فى الأسعار الناتجة عن تحسن الجودة تعوض النقص الذى يحدث فى المحصول (Braaksma وآخرون ١٩٩٩)

صفات الجودة الهامة

من بين الشروط التى يتطلبها مستهلك المشروم، ما يلى

١– النظافة والخلو من الكومبوست ومتبقيات غطاء التربة

٢– الخلو من الخدوش والروائح غير العادية

٣- اللون الجيد، والامتلاء turgidity (عدم الارتخاء أو الذبول). وأن يكون فى المرحله المناسبة من نمو المظلة والساق (عن Nichols ١٩٨٥)

ويتباين لون المشروم بين الأبيض والبنى القاتم، واللون الأبيض هو الأكثر شيوعًا

ويتراوح قطر القلنسوة — حسب تدريج الحجم — من ١٫٩–٣٫٢ سم فى الحجم الصغير، إلى ٣٫٢–٤٫٥ سم فى الحجم المتوسط، وإلى > ٤٫٥ سم فى الحجم الكبير.

التنفس وإنتاج الإثيلين

يتباين المشروم فى معدل التنفس حسب درجة الحرارة، كما يلى.

الحرارة (°م)	معدل التنفس (ملليلتر ثانى أكسيد كربون / كجم فى الساعة)
صفر	١٤–٢٢
٥	٣٥
١٠	٥٠
٢٠	١٣٢–١٥٨

يقل إنتاج المشروم من الإثيلين عن ٠٫١ ميكروليتر/كجم فى الساعة على ٢٠°م

ولا يتأثر المشروم كثيرًا بالإثيلين الذى قد يتعرض له من مصادر خارجية

التداول

يتم بعد الحصاد تنظيف المشروم ولكنه لا يغسل. ويقوم البعض بقطع قاعدة الساق قبل التعبئة. ومن مشاكل تداول المشروم سهولة تجريحه، ومن ثم فقده للرطوبة، وارتفاع تنفسه كثيرًا، حيث يبلغ — فى ٢٠°م — أربعة أضعاف معدل تنفس السبانخ التى تعد من أعلى الخضر فى معدل التنفس.

وقد أدى تقصير طول ساق الجسم الثمرى من نحو ٣٥ مم إلى ٥ مم بعد الحصاد مباشرة إلى تحسين القدرة التخزينية على ١٢°م، وذلك على صورة نقص فى التلون البنى

وبطه فى تفتح المظلة، وكانت تلك التأثيرات بادية بعد ثلاثة أيام فقط من الحصاد، ولكنها كانت أكثر وضوحًا بعد ثلاثة أيام أخرى. هذا .. علمًا بأن تقليم الساق أدى إلى نقص المحصول المسوق بنسبة حوالى ١٠٪ (Ajlouni وآخرون ١٩٩٢)

التبريد الأولى

يجب تبريد المشروم أوليًّا إلى ٢–٤°م بعد حصاده مباشرة، ويجرى ذلك إما باستعمال الماء البارد أو بالدفع الجبرى للهواء.

ويفيد التبريد بالماء المثلج فى تبريد المشروم وتنظيفه فى آن واحد ويؤدى التبريد تحت التفريغ إلى فقد الثمار لنحو ٣٪ من أوزانها، وتؤدى كثرة الفقد الرطوبى إلى اسوداد الساق وتفتح النقاب فى الأجسام الثمرية (Salunkhe & Kadam ١٩٩٨)

هذا . ويستمر المشروم فى النمو بعد الحصاد ما لم يُسرع بتخزينه على صفر–١°م

التدريج

قد يدرج المشروم أثناء الحصاد بوضع الدرجات المختلفة فى عبوات مختلفة، وقد يعبأ بعد الحصاد، وقد يجرى الحصاد بالمرور على مراقد الإنتاج وقطف ثمار كل رتبة معًا، ثم إعادة المرور لقطف رتبة أخرى . وهكذا

وتعرف ثلاث رتب من المشروم العادى، هى كما يلى:

١– الأزرار Buttons . وفيها تكون الأغشية كاملة وغير متمزقة، وتبقى – غالبًا – كذلك لمدة ٢٤ ساعة بعد الحصاد.

٢– الفناجين Cups وفيها تكون الأغشية معزقة أو تتمزق، وتحتفظ المظلات بانحناءات واضحة إلى أسفل.

٣– المفتوحة Opens . وتشمل الثمار المتقدمة فى التكوين عن رتبة الفناجين

وفى كل الرتب . يجب أن يتراوح قطر المظلة بين ٢,٥، و ٦,٥ سم ± ١ سم، وألا يزيد طول الساق عن ٢,٥ سم، مع حد أقصى ١,٥ سم فى حالة الأزرار هذا مع العلم

بأن الأزرار التى يقل قطرها عن ٢٥ سم، والثمار المفتوحة التى يزيد قطرها عن ٦٥ سم تسوق كذلك (عن Salunkhe & Kadam ١٩٩٨)

التغليف

أدى تغليف المشروم بعد حصاده مباشرة بغشاء غروى مشبع بالرطوبة hydrocolloid (alginate film) يمكن أن يتحلل بيولوجيًّا biodegradable، وصالح للأكل edible (هو المنتج التجارى Elgint) بتركيز ١٪ أو ٢٪ ثم تخزينه على ٤°م أو فى حرارة الغرفة . أدى ذلك إلى جعله أفتح لونًا وأحسن مظهرًا عن المشروم غير المعامل، كما انخفض الفقد الرطوبى من المشروم المغلف – مقارنة بغير المغلف – على أى من درجتى الحرارة (Nussinovitch & Kampf ١٩٩٣).

التخزين

التخزين المبرد العادى

يخزن المشروم على صفر–١,٥°م، مع ٩٥٪–٩٨٪ رطوبة نسبية لمدة ٥–٧ أيام، بينما تنخفض الصلاحية للتخزين إلى يومين فقط على ٤,٥°م. وتعد الرطوبة النسبية العالية حتمية لمنع الجفاف وفقد المشروم لبريقه، وما يصاحب ذلك من انخفاض للقلنسوة ودكنة فى لون الخياشيم. ويجب اعتبار أن فترة التسويق تحتسب من فترة التخزين، وأن يبقى المحصول خلالها فى نفس درجة الحرارة

ويتجمد المشروم فى حرارة –٠,٦°م حيث يبدو مائى المظهر وفاقد الصلابة تمامًا بعد تفككه (عن Suslow & Cantwell ٢٠٠٧).

التخزين فى الجو المعدل والجو المتحكم فى مكوناته

يمكن حفظ المشروم المعبأ فى أكياس من البوليثيلين بحالة جيدة لمدة ٥ أسابيع على حرارة الصفر المئوى، ولمدة ٤ أسابيع على ٥°م، ولمدة أسبوعين على ١٥°م (عن Bahl ١٩٩٤)

وقد كانت تعبئة المشروم المحارى *P ostreatus* فى أغشية البوليثيلين المنخفضة الكثافة ضرورية لخفض الفقد الرطوبى والمحافظة على الجودة عندما كان التخزين على ٥ أو ١٠°م لمدة ٩ أيام وقد ازداد الفقد الرطوبى والتلون البنى الخارجى للأجسام الثمرية مع زيادة مدة التخزين وأدت التعبئة فى البوليثيلين إلى انخفاض محتوى هواء العبوات من الأكسجين وزيادته فى ثانى أكسيد الكربون، وكان لذلك تأثيرًا إيجابيًا على مظهر الثمار المخزنة (Martinez-Soto وآخرون ١٩٩٨).

ويستدل من الدراسات التى خزن فيها المشروم العادى على حرارة ١٧، و ٢٥°م وهو معبأ فى أغشية مثقبة أو غير مثقبة أن الهواء الداخلى للعبوات غير المثقبة كان الأعلى محتوى فى ثانى أكسيد الكربون (٦٪–٧٪) والأقل محتوى فى الأكسجين (٠.١٣٪–٠.١١٪)، وأن المشروم المعبأ فيها كان الأفضل فى صفات الجودة (القوام، ومرحلة تطور الثمار، والخلو من الأعفان)، وكانت أعداد بكتيريا الـ *Pseudomonas* spp. تقل فيها بحوالى وحدة لوغاريتم واحدة/جم من أنسجة المشروم، مقارنة بالوضع عند التعبئة فى الأغشية المثقبة التى كانت أعلى فى محتواها الداخلى من الأكسجين (González-Fandos وآخرون ٢٠٠٠)

إن تركيزات ثانى أكسيد الكربون التى تزيد عن التركيز العادى (الأعلى من ٠.٠٣٪) تحفز نمو ساق المشروم، ولكنها تثبط بارتفاع تركيز الغاز إلى أكثر من ١٠٪ أما نمو المظلة فإنه يثبط بزيادة تركيز الغاز عن ٥٪

وبالمقارنة يزداد نمو الساق والمظلة عند انخفاض تركيز الأكسجين إلى نحو ٢٪–١٠٪، وحتى فى التركيزات الأقل من الغاز فإنها تكون كافية لحدوث نمو طبيعى فى كل من الساق والمظلة، بما فى ذلك تطور الخياشيم وتكوّن الجراثيم ولا يتوقف النمو إلاّ بانخفاض تركيز الأكسجين إلى أقل من ١٪ (Nichols ١٩٨٥)

وعندما تراوح تركيز الأكسجين بين ١٠٪، و ٢٠٪ كان أفضل تركيز لثانى أكسيد الكربون فى حرارة ٣°م حوالى ٥٠٪ وعند تركيز ٠.١٪ أكسجين كان أفضل تركيز لغاز ثانى أكسيد الكربون حوالى ٥٪ (عن Lougheed ١٩٨٧)

كما وجد أن أفضل جو متحكم فيه لتخزين الشروم مع المحافظة على نوعيته الجيدة هو الذى يحتوى على ٨٪ أكسجين، و ١٠٪ ثانى أكسيد الكربون؛ حيث أدى إلى منع تفتح القلنسوة ومنع التلون البنى الداخلى، ولكنه أحدث اصفرارًا بسطح القلنسوة. وقد أمكن منع هذا التغير اللونى بالتخزين على الصفر المئوى (Zheng & Xi ١٩٩٤).

وقد دُرس تأثير تخزين المشروم العادى فى جو يحتوى على أكسجين بتركيز ٦ ١٪، أو ٤,٥٪، أو ٢٠,٧٪، وثانى أكسيد كربون بتركيز ٠,٣٢٪، أو ١١,٥٪ لمدة وصلت إلى ٩ أيام على حرارة ١٨°م ورطوبة نسبية ٩٨٪، ووجد أن زيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون أدت إلى زيادة التلون البنى، ونشاط إنزيم البروتييز protease، وتركيز المركبات الفينولية، ونقص نشاط إنزيم التيروزينيز tyrosinase، بينما لم يكن لتركيز الأكسجين تأثيرًا يذكر على تلك القياسات. وقد كان نشاط إنزيم البروتييز أهم الدلائل البيوكيميائية للتلون البنى (Leeuwen وآخرون ١٩٩٨).

ويوصى Saltveit (١٩٩٧) بتخزين المشروم على الصفر المئوى (بمدى من صفر إلى ٥°م) وفى ٣٪–٢١٪ أكسجين، و ٥٪–١٥٪ ثانى أكسيد الكربون

ويؤدى قطع سلسلة التبريد — بتعريض الشروم المخزن على ٤°م لحرارة ٢٠°م كل يومين بالتبادل — حتى ولو حدث ذلك مرة واحدة — إلى الحد كثيرًا من أية فائدة يمكن أن تجنى من التعبئة فى جو معدل (٥٪ أكسجين + ١٠٪ ثانى أكسيد كربون)، حيث يظهر تلون بنى شديد، وتقل الصلابة، ويزداد مستوى الإيثانول فى الأنسجة، مقارنة بالتخزين فى حرارة ثابتة على ٤°م (Tano وآخرون ١٩٩٩).

ويمكن القول أن المشروم العادى يناسبه التخزين فى ٣٪ أكسجين + ١٠٪ ثانى أكسيد كربون على الصفر المئوى. يفيد التركيز العالى لثانى أكسيد الكربون فى منع التحلل وتقليل معدل اسوداد الخياشيم وتزداد استفادة المشروم من الـ CA — خاصة — إن لم يمكن تخزينه على أقل من ٥°م ولا يُضار الشروم من التعرض لتركيزات عالية جدًا من ثانى أكسيد الكربون (٢٠٪) إذا كان تخزينه على صفر–١°م.

ولكن يُعاب على التخزين فى الـ CA إلى MA أن سوء المعاملة قد يؤدى إلى استنفاذ الأكسجين؛ الأمر الذى يحفز تكاثر بكتيريا التسمم البوتشيلينى *Clostridium botulinum* (Suslow & Cantwell ٢٠٠٧).

التغيرات الفسيولوجية التالية للحصاد

الفقد الرطوبى

يتكون المشروم عند حصاده – أيًا كانت مرحلة النمو التى يقطف عندها – من كتلة من الهيفات الخيطية الدقيقة للفطر التى تلتحم معًا لتكون الجسم الثمرى. وهذه الكتلة – كأى كائن حىّ آخر – تنمو وتتنفس إلى أن تصل إلى مرحلة الشيخوخة، وتؤثر سرعة تلك العمليات الحيوية على جودة المشروم بعد الحصاد (عن Nichols ١٩٨٥) وبينما تؤدى الحرارة العالية وبطء عمليات التداول إلى ذبول الجسم الثمرى واكتسابه لونًا بنيًّا فإن الرطوبة النسبية العالية جدًا مع الحرارة العالية تؤديان إلى استطالة ساق الجسم الثمرى بصورة غير مرغوب فيها، مع انزلاق أسطحه (عن Salunkhe & Kadam ١٩٩٨)

ومن أهم أسباب تدهور المشروم بعد الحصاد فقده للرطوبة وتفتح أغشيته، ومرد ذلك إلى أن المشروم لا يحتوى على أى تراكيب تحميه من فقده لمحتواه الرطوبى (مثل صبقة الأدمة cuticle فى النباتات الراقية) ويستدل من الدراسات التى أجريت على الفقد الرطوبى أن الماء يفقد من المشروم بنفس معدل تبخره من أى سطح مائى ويترتب على ذلك الفقد الرطوبى بعد الحصاد ذبول المظلة والساق، وتجعدهما، وتجلدهما، وانكماشهما (عن Nichols ١٩٨٥)

التغيرات الكيميائية

عندما خزن عيش الغراب العادى على ١٢°م لمدة ١٢ يومًا، ودرست التغيرات فى محتواه الكيميائى أثناء تلك الفترة . وجد ما يلى

١– انخفض تركيز السكريات الكلية، والمانيتول، والفراكتوز بانتظام

٢- استمر تركيز السكريات المختزلة الأخرى غير الفراكتوز ثابتًا

٣- ازداد تركيز المحتوى الكلى للأحماض الأمينية من ٧٧,٩٢ جم/كجم عند بداية التخزين إلى ١٤٠,٥٧ جم/كجم في اليوم السادس من التخزين، ثم ازداد قليلاً حتى ١٥١ ٦٥ جم/كجم فى اليوم الثانى عشر.

٤- ازداد محتوى المشروم من تسعة أحماض أمينية بانتظام أثناء التخزين، وكان أبرزها حامض الجلوتامك

٥- ازداد تركيز المركبات الشبيهة بجلوتامات أحادى الصوديوم monosodium glutamate like compounds من ٢٢,٦٧ جم/كجم فى اليوم الأول من التخزين إلى ١٢ ٤٧ جم/كجم فى اليوم الثانى عشر

٦- كذلك ازداد تركيز المركبات الحلوة والمرة — على التوالى — من ٢٤,٠٨، و ٢٤,١٧ جم/كجم فى اليوم الأول إلى ٤٧,١٥، و ٥٠,٧٥ جم/كجم فى اليوم الثانى عشر (Tseng & Mau ١٩٩٩).

وتتأثر التفاعلات الحيوية التى تؤدى إلى التغيرات غير المرغوب فيها بعد الحصاد بدرجة الحرارة، حيث تتضاعف سرعة تلك التفاعلات بكل زيادة مقدارها ١٠°م فوق الصفر. وبينما تتوقف تلك التفاعلات عند درجة التجمد (-٠,٩ إلى -١,٢°م)، فإن تحول الماء من الحالة السائلة إلى ثلج يتلف الخلايا، مما يسرع كثيرًا من معدل التفاعلات الإنزيمية المؤدية إلى التيفرات اللونية بعد تفكك الأنسجة.

الإصابة بالأعفان

تؤدى أى تقلبات فى درجة الحرارة فى مخازن المشروم إلى تكثف بخار الماء عليه، مما يؤدى إلى سرعة نمو الأعفان وتزداد الحالة سوءًا عندما لا تتوفر وسيلة للتخلص من الماء المتكثف بسبب التغليف. ويظهر التكثف المائى بوضوح عند نقل المنتج المبرد إلى حجرة دافئة رطبة، حيث يؤدى — فى وجود البكتيريا *Pseudomonas tolaasii* المسببة لمرض اللطخة البكتيرية — إلى سرعة حدوث الإصابة المرضية وانتشارها (عن Nichols ١٩٨٥)

التلون البني

يحدث التلون البني browning فى المشروم العادى نتيجة لسوء التداول، وشيخوخة الأجسام الثمرية، والإصابات البكتيرية، وخاصة بالبكتيريا *Pseudomonas tolaasii* ويكون التلون البنى مصحوبًا بتحول الفينولات الميلانوجينية melanogenic phenols إنزيميًا إلى كينونات quinones، التى تتحول بدورها إلى ميلانينات Melanins (عن Jolivet وآخرين ١٩٩٨).

وقد أوضحت الدراسات التي أجريت على سلالتين من المشروم العادى تختلفان فى شدة قابليتهما للإصابة بالتلون البني بعد الحصاد أن محتواهما الفينولى كان هو العامل المحدد الرئيسى فى عملية التلون البنى التى ازدادت شدتها بزيادة المحتوى الفينولى (Jolivet وآخرون ١٩٩٥)

ووجد أن تعريض ثمار عيش الغراب العادى لعاملة "خدش" لمدة ١٠ ثوان تعادل فى تأثيرها على التغير اللونى التخزين لمدة ٧ أيام على ٥°م، أو يومين على ١٨°م وقد كانت ثمار القطفة الثانية أقل تلونًا وأقل اصفرارًا عن ثمار القطفتين الأولى والثانية (Burton & Noble ١٩٩٣)

ولمزيد من التفاصيل عند تداول وتخزين المشروم يراجع Nichols (١٩٨٥)

عيش الغراب المجهز للمستهلك

يجب أن يكون عيش الغراب الطازج المجهز مقطعًا إلى شرائح وأبيض اللون وخال من أى تلون غير عادى ومن "الكرمشة" ويجب أن تخزن شرائح المشروم على ١-٣°م وترجع الكرمشة والمناطق البنية التى تظهر على السطح إلى حدوث زيادة كبيرة فى فقد الرطوبة ويمكن المحافظة على الجودة فى جو يحتوى على ١٠٪ ثانى أكسيد كربون + ٣٪ أكسجين هذا . بينما تزداد سرعة دكنة لون أنسجة المشروم بزيادة تركيز ثانى أكسيد الكربون عن ٢٠٪، وتكون هناك فرصة لتكوين السُم البوتشلينى إذا انخفض تركيز الأكسجين عن ٣٪، حيث وجد أن البكتيريا *Clostridum botulinum* (طراز A) تتجرثم

وتنتج سمها الداخلى endotoxin فى ٠,٩٪–٢٪ أكسجين بعد ٦ أيام من تخزين المشروم على ٢٤–٢٦ °م

ويتباين معدل تنفس المشروم المجهز على صورة شرائح (بالمليجرام ثانى أكسيد كربون لكل كيلوجرام فى الساعة) حسب درجة حرارة التخزين

الحرارة (°م)	معدل التنفس
صفر	٢٠–٦٠
٥	٣٩–٨٨
١٠	٨٦–١٢٤

تخزين سباون المشروم

أمكن تخزين "أمبولات" من مزارع المشروم *A. bisporus* (على بيئة من حبوب القمح أضيف إليها ملليلتر واحد من ١٠٪ جليسرول فى الماء المقطر) فى النيتروجين السائل على حرارة –١٩٦ إلى –١٦٠ °م لمدة سنة كاملة دون أن يؤثر ذلك جوهريًا على المحصول الناتج من الزراعة بتلك المزارع (السباون) المخزنة مقارنة بالزراعة باستعمال سباون طازج من سلالة المشروم ذاتها، كما لم تؤثر ظروف التخزين تلك على أى من صفات المشروم: وزن الجسم الثمرى، وطول الساق، وقطر المظلة (Suman & Jandaik ١٩٩١).

الكمأة

تعرف ثلاث أنواع من الكمأة truffles التى يشيع استهلاكها، هى: الكمأة البيضاء *Tuber magnatum*، والكمأة السوداء *T melanosporum*، وكمأة الصيف *T aestivum* وهى أقلها انتشارًا، وأهم أسواقها: فرنسا وإيطاليا وإسبانيا، ولكنها أصبحت – حاليًا – تنتج فى معظم أنحاء العالم، وخاصة فى الصين التى تعد أكثر الدول المنتجة للكمأة.

تتميز الكمأة الجيدة النوعية بأن لها رائحة قوية تشبه رائحة الميثان ومن المواصفات الهامة الحجم الكبير والشكل المنتظم وتجانس توزيع اللون.

يؤدى تأخير حصاد الكمأة إلى زيادتها فى الحجم، ولكن ذلك يكون على حساب قدرتها التخزينية، نظرًا لزيادة محتواها الرطوبى

يتعين تبريد الكمأة إلى الصفر المئوى بمجرد حصادها، ويستعمل لذلك الماء المثلج، حيث تغمر فيه لغرضى التبريد والغسيل معًا، ويلى ذلك ضرورة التخلص من الماء الزائد فى حجرة مهواه جيدًا على ٤–٥°م

وتخزن الكمأة جيدًا لمدة ٢٠–٣٠ يومًا على الصفر المئوى. مع ٩٠٪–٩٥٪ رطوبة نسبية وبينما تنخفض قدرة الكمأة التخزينية قليلاً على ٥°م، فإن تقلب الحرارة عند التخزين على الصفر المئوى قد يعرضها للتجمد وفساد قوامها (Mancarelli ٢٠٠٤)

ولم تلاحظ أى اختلافات بين الكمأة *Tuber aestivum* المخزنة على الصفر المئوى أو ٥°م لمدة ٤٠ يومًا، بينما تحللت تلك التى خزنت على ١٠°م وأنتجت كميات كبيرة من الإثيلين، والإيثان، وثانى أكسيد الكربون وعندما خزنت الكمأة إما فى أكسجين منخفض (١٪)، أو فى ثانى أكسيد كربون عال (٦٠٪) على ٥°م أو ١٠°م كان تركيز الأكسجين العالى أكثر قابلية فى خفض إنتاج الإثيلين عن تركيز الأكسجين المنخفض كذلك قل الفقد فى الوزن فى التركيز العالى لثانى أكسيد الكربون، واحتفظت الثمار بصلابتها، وصمغيتها gumminess، وقوامها عند المضغ chewiness، حيث كانت مثل الثمار الطازجة وبذا . يوصى بتخزين الكمأة فى تركيز عال من ثانى أكسيد الكربون (٦٠٪) على ٥°م (Mencarelli وآخرون ١٩٩٧)

وتحتفظ الكمأة بجودتها كاملة لمدة ٣٥ يومًا على ٥°م فى ٦٠٪ ثانى أكسيد كربون ويحافظ التركيز العالى لثانى أكسيد الكربون على النكهة بصورة أفضل من التركيز المنخفض للأكسجين، كما يمنع نمو الأعفان السطحية كذلك تسمح التعبئة

فى أغشية بلاستيكية فى المحافظة على الجودة بصورة أفضل ويجب أن يكون تركيز ثانى أكسيد الكربون المرتفع مصاحبًا بتركيز منخفض من الأكسجين لتجنب حدوث تنفس لاهوائى.

ولا تعد الكمأة حساسة لأضرار البرودة.

لا تنتج الكمأة سوى القليل من الإثيلين، كما أنها ليست حساسة للإثيلين الذى قد تتعرض له من مصادر خارجية. وعليه فإن تواجد الإثيلين فى المخزن قد يكون دليلاً على وجود أعفان داخلية بالكمأة هى التى تنتج الإثيلين.

ويتباين معدل تنفس الكمأة حسب درجة الحرارة، كما يلى

الحرارة (°م)	معدل التنفس (ملليجرام ثانى أكسيد كربون / كجم فى الساعة)
صفر	٢٠-٣٦
٥	٢٤-٤٥
١٠	٣٠-٦٠

ومن أهم العيوب الفسيولوجية للكمأة جفاف البشرة بسبب انخفاض الرطوبة النسبية، والتلون البنى الداخلى بسبب تأخير الحصاد عما يجب، والإسفنجية التى يسببها التعرض لظروف بيئية معاكسة.

لا يجب تخزين الكمأة أو شحنها مع منتجات أخرى، بسبب الرائحة القوية التى تنبعث منها، والتى يمكن أن تكتسبها تلك المنتجات (Mencarelli ٢٠٠٤).

نبت البذور

إن من أكثر أنواع نبت البذور شيوعًا ذلك الخاص ببذور فاصوليا المنج، والبرسيم الحجازى، والبسلة، والفاصوليا، والعدس، والمسترد، والبصل، والفجل، وفول الصويا

يُحصد نبت البذور seed sprouts — عادة — بعد عدد معين من الأيام من بروز الجذير، الأمر الذى يستغرق — عادة — حوالى ٣-٨ أيام حسب نوع البذور

ويتباين الطول المناسب للنبت حسب النوع المحصولى المستخدم، كما يلى

المحصول (البذور)	الطول المناسب للنبت (مم)
فاصوليا أدروكى	١٤-٢٦
البرسيم الحجازى	٢٦-٣٨
الفاصوليا	٢٦-٣٨
الكرنبيات (البروكولى مثلاً)	١٦-٢٦
فاصوليا المنج	٢٦-٧٦
الفجل	١٦-٢٦
القمح	١٠-١٥

يجب أن يكون نبت البذور نظيفًا، وخاليًا من الأضرار والمخلفات النباتية. يحصد النبت بدون الأغلفة البذرية. وينظف من البذور غير النابتة والمواد التى قد تعلق به

يلزم تبريد نبت البذور أوليًا إلى الصفر المئوى بأسرع ما يمكن للمحافظة على الجودة خلال فترة التخزين التى يمكن أن تمتد تحت تلك الظروف حتى ٥-٩ أيام. وتقل فترة الصلاحية للتخزين إلى أقل من ٥ أيام على ٥ ٢°، وإلى أقل من يومين على ٥°م. هذا مع ضرورة المحافظة على ٩٥٪-١٠٠٪ رطوبة نسبية

ويمكن إجراء التبريد الأولى بأى من طريقة الماء المثلج أو الدفع الجبرى للهواء

ويتباين معدل تنفس نبت البذور (نبت بذور فاصوليا المنج كمثال) حسب درجة الحرارة، كما يلى:

الحرارة (°م)	معدل التنفس (ملليلتر ثانى أكسيد كربون / كجم فى الساعة)
صفر	٩-١١
٥	١٩-٢١
١٠	٤٢-٤٥

ويتراوح إنتاج نبت بذور فاصوليا المنج من الإثيلين بين ١٥٫٠ ملليلتر/كجم فى الساعة على الصفر المئوى إلى ٠٫٩ ملليلتر على ١٠°م

ويعد نبت البذور قليل إلى متوسط الحساسية للإثيلين الذى قد يتعرض له من مصادر خارجية.

وتفيد تعبئة نبت البذور فى بانتس punnets (أو clamshells) ذات تهوية محدودة، أو فى أكياس بوليمرية مثقبة. وقد وجد فى نبت بذور فاصوليا المنج أنها استفادت من التخزين فى ٥٪ أكسجين + ١٥٪ ثانى أكسيد كربون.

لا يعد نبت البذور حساسًا لأضرار البرودة، ولكنه قد يتعرض للتجمد، فيصبح مائى المظهر ويتحول إلى اللون الأسود ويفقد قوامه بعد التفكك (Suslow & Cantwell ٢٠٠٧).

هذا .. وقد ظهرت فى الولايات المتحدة حالات عديدة من الإصابات المرضية التى أرجعت إلى النمو الميكروبى الممرض بنبت بذور البرسيم الحجازى، وفاصوليا المنج، والفجل. ومن بين الأنواع البكتيرية المرضة التى أمكن عزلها الـ *Salmonella*، والـ *E. coli* O157:H7، علمًا بأنه لا يمكن التخلص من ذلك التلوث الميكروبى بغير المعاملة بهيبوكلوريد الكالسيوم بتركيز ٢٠٠٠ جزء فى المليون (Suslow & Cantwell ٢٠٠٧).

مصادر الكتاب

مرسى، مصطفى على، وأحمد إبراهيم الربيع، وحسين على توفيق (١٩٦٠) نباتات الخضر – الجزء الرابع: جمع وتجهيز وتعبئة وتخزين ثمار الخضر. مكتبة الأنجلو المصرية – القاهرة – ٦٣٢ صفحة.

مرسى، مصطفى على، وكمال محمد الهباشة، ونعمت عبدالعزيز نور الدين (١٩٧٣) البصل مكتبة الأنجلو المصرية – القاهرة – ٣١٩ صفحة.

وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى – جمهورية مصر العربية (١٩٩٤) زراعة وإنتاج البطاطس – ١٢٦ صفحة

وزارة الزراعة واستصلاح الأراضى – جمهورية مصر العربية (١٩٩٣) زراعة وإنتاج وتداول البطاطا فى مصر. المشروع القومى للأبحاث الزراعية – ٤٣ صفحة

Able, A. J., L. S. Wong, A. Prasad, and T. J. O'Hare. 2002. 1-MCP is more effective on a floral brassica (*Brassica oleracea* var. *italica* L.) than a leafy brassica (*Brassica rapa* var. *chinensis*). Postharvest Biol. and Technol. 26: 147-155.

Adamicki, F. 2004. Beet. In: ARS, USDA Agric. Handbook 66 revised. The Internet

Adamicki, F. 2004. Onion. In: ARS, USDA Agric. Handbook 66 revised. The Internet.

Adamicki, F. and M. Gajewski. 1999. Effect of controlled atmosphere on the storage of Chinese cabbage (*Brassica rapa* L. var. *pekinensis* (Lour.) Olsson). Vegetable Crops Research Bulletin 50: 61-70. c. a. Hort. Abstr. 70(6): 4976, 2000.

Afek, U. and S. J. Kays. 2004. Postharvest physiology and storage of widely used root and tuber crops. Hort. Rev. 30: 253-316.

Afek, U., J. Orenstein, and E. Nuriel. 1998. Increased quality and prolonged storage of sweet potatoes in Israel. Phytoparasitica 26(4): 307-312.

Afek, U., J. Orenstein, and E. Nuriel. 1999. Steam treatment to prevent carrot decay during storage. Crop Protection 18(10). 639-642

Afek, U., J. Orenstein, and E. Nuriel. 1999. Fogging disinfectants inside

storage rooms against pathogens of potatoes and sweet potatoes. Crop Prot. 18(2): 111-114.

Afek, U., J. Orenstein, and E. Nuriel. 2000. Using HPP (Hydrogen Peroxide Plus) to inhibit potato sprouting during storage. Amer. J. Potato Res. 77(1): 63-65

Afek, U., J. Orenstein, and J. Kim. 2001. Control of silver scurf disease in stored potato by using hydrogen peroxide plus (HPP). Crop Prot. 20(1): 69-71.

Aiamla-or, S., N. Yamauchi, S. Takino, and M. Shigyo. 2009. Effect of UV-A and UV-B irradiation on broccoli (*Brassica oleracea* L. Italica Group) floret yellowing during storage. Postharvest Biol. Technol. 54(3): 177-179.

Ajlouni, S. O., R. B. Beelman, D. B. Thompson, and J. L. Mau. 1992. Stipe trimming at harvest increases shelf-life of fresh mushrooms (*Agaricus bisporus*). J. Food Sci. 57(6): 1361-1363, 1374.

Akbas, M. Y. and H. Olmez. 2007. Effectiveness of organic acid, ozonated water and chlorine dippings on microbial reduction and storage quality of fresh-cut iceberg lettuce. J. Sci. Food Agric. 87(14): 2609-2616

Allende, A., Y. Luo, J. L. McEvoy, F. Artes, and C. Y. Wang. 2004. Microbial and quality changes in minimally processed baby spinach leaves stored under super atmospheric oxygen and modified atmosphere conditions. Postharvest Biol. Technol. 33: 51-59

Allende, A., M. V. Selma, F. López-Gálvez, R. Villaescusa, and M. I. Gil. 2008. Role of commercial sanitizers and washing systems on epiphytic microorganisms and sensory quality of fresh-cut escarole and lettuce. Postharvest Biol. Technol. 49(1): 155-163

Amanatidou, A., R. A. Slump, L. G. M. Gorris, and E. J. Smid. 2000. High oxygen and high carbon dioxide modified atmospheres for shelf-life extension of minimally processed carrots. J. Food Sci. 65(1): 61-66.

Amand, P. C. St. and W. M. Randle. 1989. Ethylene production and wound healing in sweet potato roots. HortScience 24(5): 805-807.

Anderson, L. and C. Tong. 1993. Commercial postharvest handling of fresh market asparagus (*Asparagus officinalis*). University of Minnesota Extension. The Internet

Andreu, A. B., M. G. Guevara, E. A. Wolski, G. R. Daleo, and D. O. Caldiz. 2006. Enhancement of natural disease resistance in potatoes by chemicals. Pest Management Science 62(2): 162-170

Artés, F. and J. A. Martinez. 1996 Influence of packaging treatments on the keeping quality of 'Salinas' lettuce Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie 29(7): 664-668. c. a. Hort. Abstr. 67(3): 2079; 1997.

Artés, F. and J. A Martinez. 1999. Quality of cauliflower as influenced by film wrapping during shipment. European Food Research and Technology 209(5): 330-334

Arthey, V. D 1975 Quality of horticultural products. Butterworths. London. 228 p.

Asoda, T , H. Terai, M Kato, and Y Suzuki. 2008. effects of postharvest ethanol vapor treatment on ethylene responsiveness in broccoli Postharvest Biol. Technol 52(2) 216-220.

Atta-Aly, M. A. 1998 Effect of hydrocooling and polyethylene package lining on maintaining green onion quality for export. Annals Agric. Sci., Ain Shams Univ., Cairo 43(1) 231-249.

Avery, G. S., Jr., E B. Johnson, R N M. Addoms, and B. F Thompson. 1947. Hormones and horticulture McGraw-Hill Book Co., N. Y. 326 p.

Babic, I , M. J. Amiot, and C Nguyen-the. 1993. Changes in phenolic content in fresh ready-to-use shredded carrots during storage. Acta Horticulturae 343: 123-128.

Baggett, J. R and H J. Mack 1970 Premature heading of broccoli cultivars as affected by transplant size. J Amer. Soc Hort. Sci. 95: 403-407.

Bahl, N. 1994. Handbook on mushrooms (3rd ed.). Oxford & Ibh Pub Co. Pvt Ltd., New Delhi 157 p

Baldwin, E A 2004 Flavor In: ARS, USDA Agric. Handbook 66 revised The Internet.

Barg, M , M. V Aguero, A Yommi, and S. I Roura. 2009. Evolution of plant water status indices during butterhead lettuce growth and its impact on post-storage quality. J. Sci. Food Agric. 89(3): 422-429.

Barry-Ryan, C. and D. O'Beirne. 1998. Quality and shelf-life of fresh cut carrot slices as affected by slicing method. J Food Sci. 63(5): 851-856.

Barry-Ryan, C. and O'Beirne 1999. Ascorbic acid retention in shredded iceberg lettuce as affected by minimal processing. Journal of Food Science 64(3): 498-500.

Barth, M. M. and H. Zhuang. 1996. Packaging design affects antioxidant vitamin retention and quality of broccoli florets during postharvest storage. Postharvest Biology and Technology 9(2): 141-150.

Barth, M. M., E. L. Kerbel, S Broussard, and S. J. Schmidt 1993 Modified atmosphere packaging (high CO_2/low O_2) effects on market quality and microbial growth in broccoli spears under temperature abuse conditions. Acta Horticulturae No. 343: 187-189.

Barth, M. M., H. Zhuang, and M. E. Saltveit. 2004. Fresh-cut vegetables. In: ARC, USDA Handbook 66 revised. The Internet.

Bastrash, S., J. Makhlouf, F. Castaigne, and C. Willemot. 1993. Optimal controlled atmosphere conditions for storage of broccoli florets. J Food Sci 58(2): 338-341.

Beltrán, F., M. V. Selma, J. A. Tudela, and M. I. Gil. 2005 Effect of different sanitizers on microbial and sensory quality of fresh-cut potato strips stored under modified atmosphere or vacuum packaging Postharvest Biol Technol. 37: 37-46

Bhowmik, P K , T Matsui, T. Ikeuchi, and H. Suzuki 2002 Changes in storage quality and shelf life of green asparagus over an extended harvest season. Postharvest Biol Technol 26 323-328.

Blankenship, S. M and M D. Boyette. 2002 Root epidermal adhesion in five sweetpotato cultivars during curing and storage. HorstScience 37(2) 374-377.

Boyette, M. D., D. C. Sanders, and E. A. Estes. 1992. Postharvest cooling and handling of cabbage and Leafy greens. The North Carolina Agricultural Extension Service. AG-413-5. The Internet.

Braaksma, A., D. J. Schaap, and C. M A. Schipper. 1999. Time of harvest determines the postharvest quality of the common mushroom *Agaricus bisporus*. Postharvest Biology and Technology 16(2): 195-198.

Brash, D. W., C. M Charles, S Wright, and B L. Bycroft. 1995 Shelf-life of stored asparagus is strongly related to postharvest respiratory activity. Postharvest Biology and Technology 5(1/2): 77-81.

Brecht, J. K. 1995. Physiology of lightly processed fruit and vegetables. HortScience 30(1): 18-22.

Brecht, J. K. 2003 Harvesting and handling techniques, pp. 383-412 In: J A Bartz and J K Brecht (eds). Postharvest physiology and pathology of vegetables. Marcel Dekker, NY.

Brecht, P., L. Morris, C Cheyney, and D Janecke. 1973 Brown stain susceptibility of selected lettuce cultivars under controlled atmospheres and temperatures. J. Amer Soc Hort Sci. 98(3): 261-264.

Brewster, J L 1994 Onions and other vegetable alliums. CAB International, Wallingford, U. K. 236 p

Brewster, J. L. and H. D. Rabinowitch 1990. Onions and allied crops. Volume III. Biochemistry, food science, and minor crops. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. 265 p.

Brierley, E. R., P. L. R. Bonner, and A. H. Cobb. 1996. Factors influencing the free amino acid content of potato (*Solanum tuberosusm* L.) tubers during prolonged storage. Journal of the Science of Food and Agriculture 70(4): 515-525

Burton, W. G. 1978. The Physics and physiology of storage, pp. 545-606 In: P. M. Harris (Ed.). The potato crop Chapman and Hall, London

Burton, K. S. and R. Noble 1993. The Influence of flush number, bruising and storage temperature on mushroom quality. Postharvest Biology and Technology 3(1): 39-47.

Bycroft, B L., D W Brash, and F Bollen. 1996. Using insulation and cooling to improve the asparagus coolchain. Acta Horticulturae No 415. 323-332

Cabezas, A. and D G Richardson 1997. Modified atmosphere packaging of broccoli florets: effects of temperature and packaging types. Postharvest Horticulture Series – Department of Pomology, University of California No 19: 8-15.

Cantwell, M 2000. Alliin in garlic. Perishables Handling Quarterly Issue No 102: 5-6. The Internet.

Cantwell, M. 2004. Garlic. In: ARS, USDA Agric. Handbook 66 revised. The Internet.

Cantwell, M 2001. Impact of delays to cool on shelf life of broccoli. Perishables Handling Quarterly No. 106: 17-18.

Cantwell, M. and T. Suslow. 2007 Broccoli: recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research & Information Center. University of California, Davis. The Internet

Cantwell, M. and T. Suslow. 2007. Brussels sprouts: recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research & Information Center. University of California, Davis. The Internet

Cantwell, M. and T. Suslow. 2007. Cabbage (round and Chinese):

recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research & Information Center. University of California, Davis The Internet.

Cantwell, M. and T. Suslow. 2007. Lettuce .. crisphead or icebergs: Recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research & Information Center. University of California, Davis. The Internet

Cantwell, M and T. Suslow 2007. Lettuce .. romaine or cos: Recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research & Information Center. University of California Davis. The Internet.

Cantwell, M. and T. Suslow. 2007 Sweetpotato: recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research & Information Center, University of California, Davis. The Internet.

Cantwell, M. I., G. Hong, and T V. Suslow. 2001. Heat treatments control extension growth and enhance microbial disinfection of minimally processed green onions. HortScience 36(4): 732-737.

Cantwell, M. I., J. Kang, and G Hong 2003. Heat treatments control sprouting and rooting of garlic cloves. Postharvest Biol Technol. 30: 57-65.

Castaner, M., M I Gil, F Artés, and F A Tomas-Barberan 1996 Inhibition of browning of harvested head lettuce. J. Food Sci 61(2): 314-316.

Castaner, M., M I Gil, and F. Artés. 1997 Organic acids as browning inhibitors on harvested 'Baby' lettuce and endive. Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung 205(5). 375-379 c a Hort Abstr 68(8). 6650; 1998.

Cha, H. S., A. R Youn, and B. S Kim. 2007. Change of quality on packaging methods of minimally processed fresh-cut lettuce Acta Hort. No 746: 475-480.

Chachin, K., Y. Imahori, and Y. Ueda. 1999. Factors affecting the postharvest quality of MA packaged broccoli. Acta Horticulturae No. 483: 255-264.

Chaurasia, S. N. S. and K. P. Singh. 1992. Effect of nitrogen levels and haulm cutting on storage behavior of potato cv. Kufri Bahar and Kufri Lalima Journal of the Indian Potato Association 19(3-4): 148-153

Chekroun, M B, J Amzile, A Mokhtari, N E El-Haloui, and J. Prevost

1997. Quantitative change of carbohydrate content of two varieties of Jerusalem artichoke tubers (*Helianthus tuberosus* L.) during cold storage conditions (4°C). J. Agron. Crop Sci. 179(3): 129-133.

Choi, Y. J., F. A. Tomás-Barberán, and M. E. Saltveit. 2005. Wound-induced phenolic accumulation and browning in lettuce (*Lactuca sativa* L.) leaf tissue is reduced by exposure to n-alcohols. Postharvest Biol. Technol. 37: 47-55.

Claassen, P. A. M., M. A. W. Budde, and M. H. Van Calker. 1993. Increase in phosphorylase activity during cold-induced sugar accumulation in potato tubers. Potato Res. 36(2): 205-217.

Clarke, S. F., P. E. Jameson, and C. Downs. 1994. The influence of 6-benzylaminopurine on post-harvest senescence of floral tissues of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). Plant Growth regulation 14(1): 21-27.

Clegg. M. D and H. W. Chapman. 1962 Sucrose content of tubers and discoloration of chips from early summer potatoes. Amer. J. Potato Res. 39(6): 212-216.

Coleman, W. K., G. Lonergan, and P. Silk. 2001. Potato sprout growth suppression by menthone and neomenthol, volatile oil components of *Minthostachys*, *Satureja*, *Bystropogon*, and *Mentha* species. Amer. J. Potato Res. 78: 345-354.

Conte, E., G. Imbroglini, P. Bertolini, and I. Camoni. 1995. Presence of sprout inhibitor residues in potatoes in relation to application techniques. J. Agric. Food Chem. 43(11): 2985-2987.

Coolong, T W, W. M. Randle, and L Wicker. 2008. Structural and chemical differences in the cell wall regions in relation to scale firmness of three onion (*Allium cepa* L.) selections at harvest and during storage. J. Sci. Food Agr. 88(7): 1277-1286.

Corcuff, R., J. Arul, F. Hamza, F. Castaigne, and J. Makhlouf. 1996. Storage of broccoli florets in ethanol vapor enriched atmospheres. Postharvest Biology and Technology 7(3): 219-229.

Costa, H. S., D. E. Ullman, M. W. Johnson, and B. E. Tabashnik. 1993. Association between *Bemisia tabaci* density and reduced growth, yellowing, and stem blanching of lettuce and kai choy. Plant Disease 77(10): 969-972.

Cotterell, J. E., C. M. Duffus, L. Paterson, G. R. Mackay, M. J. Allison, and H. Bain. 1993. The effect of storage temperature on reducing sugar

concentration and the activities of three amylolytic enzymes in tubers of the cultivated potato, *Solanum tuberosum* L. Potato Research 36(2): 107-117.

Coupe, S. A., B K. Sinclair, L. A. Greer, N. E. Gapper, L. M. Watson, and P. L. Hurst 2003. Analysis of acid invertase gene expression during the senescence of broccoli florets. Postharvest Biol. Technol. 28: 27-37.

Coursey, D. G. 1974. Yams (*Discorea* spp.), pp. 34-38. In: Handbook of plant introduction in tropical crops Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Croci, C A., O. A. Curzio, and J A Arguello. 1990., Storage of an early garlic (*Allium sativum* L) subject to gamma-ray radioinhibition Journal of Food Processing and Preservation. 14(2) 107-112

Croci, C A., J A. Arguello, and G A Orioli 1994. Biochemical changes in garlic (*Allium sativum* L) during storage following gamma-irradiation. International Journal of Radiation Biology 65(2). 263-266.

Dan, M., M Nagata, and I Yamashita. 1997. Methanethiol formation in disrupted tissue solution of fresh broccoli. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 66(3/4): 621-627 c. a. Hort. Abst 68(6): 4968; 1998.

Dan, K., M. Nagata, I. Yamashita, and S. Todoriki. 1977. Production of volatile sulfur compounds by broccoli under anaerobic conditions Postharvest Horticulture Series Department of Pomology, University of California No 18: 39-45.

Dan, K., S Todoriki, M Nagata, and I. Yamashita. 1997a. Formation of volatile sulfur compounds in broccoli under anaerobic condition J. Jap Soc Hort Sci 65(4) 867-875 c a. Hort Abstr 67(7): 5880; 1997

Dan, K , M Nagata, and I Yamashita. 1998. Effect of pre-storage duration and storage temperatures on the formation of volatile sulfur compounds in broccoli under anaerobic conditions. J. Jap Soc. Hort. Sci 67(4) 544-548. c a. Hort Abstr. 68: 9549; 1988.

Daniels-Lake, B J and R K Prange 2009. The interaction effect of carbon dioxide and ethylene in the storage atmosphere on potato fry color is dose-related. HortScience 44 1641-1644.

Daniels-Lake, B. J., R. K Prange, W. Kalt, C. L. Liew, J. Walsh, P Dean, and R Coffin 1996. The effects of ozone and 1-8-cineole on sprouting, fry color and sugars of stored Russet Burbank potatoes Amer J Potato Res. 73(10): 469-481

Daniels-Lake, B. J., R. K. Prange, J. Nowark, S. K. Asiedu, and J. R. Walsh. 2005. Sprout development and processing quality changes in potato tubers stored under ethylene: 1. Effects of ethylene concentration. Amer. J. Potato Res. 82(5): 389-397.

Dean, B. B. 1993. Yield and grade of asparagus harvested at three spear heights. HortScience 28(7): 750.

DeEll, J. R. and P. M. A. Toivonen. 1999. Chlorophyll fluorescence as an indicator of physiological changes in cold-stored broccoli after transfer to room temperature. J. Food Science 64(3): 501-503.

DeEll, J. R. and P. M. A. Toivonen. 2000. Chlorophyll fluorescence as a nondestructive indicator of broccoli quality during storage in modified-atmosphere packaging. HortScience 35(2): 256-259.

Delaquis, P. J., L. R. Fukumoto, P. M. A. Toivonen, and M. A. Cliff. 2004. Implications of wash water chlorination and temperature for the microbiological and sensory properties of fresh-cut iceberg lettuce. Postharvest Biology and Technology 31: 81-91.

DeMille, B. and G. Vest. 1976. The effect of temperature and light during bulb storage on traits related to onion seed production. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101: 52-53.

Derbali, E., J. Makhlouf, and L. P. Vezina. 1998. Biosynthesis of sulfur volatile compounds in broccoli seedlings stored under anaerobic conditions. Postharvest Biology and Technology 13(3): 191-204.

Dissanayake, P. K., N. Yamauchi, and M. Shigyo. 2008. Chloropyll degradation and resulting catabolite formation in stored Japanese bunching onion (*Allium fistulosum* L.). J. Sci. Food Agr. 88(11): 1981-1986.

Do Nascimento Nunes. 2004. Rutabaga. 2004. In: ARS, USDA Agric Handbook 66 revised. The Internet.

Do N. Simoes, A., M. C. Ventrella, C. L. Moretti, M. A. G. Carnelossi, and R. Puschmann. 2010. Anatomical and physiolical evidence of white blush on baby carrot surfaces. Postharvest Biol. Technol. 55(1): 45-52.

Downs, C. G. and S. D. Somerfield. 1997. Aspargine synthetase gene expression increases as sucrose declines in broccoli after harvest 25(2): 191-195.

Downs, C. G., S. D. Somerfield, and M. C. Davey. 1997. Cytokinin treatment delays senescence but not sucrose loss in harvested broccoli. Postharvest Bioloy and Tenology 11(2): 93-100.

Downes, C. J., B. B. C. Page, C. W. van Epenhuijsen, P. C. M. Hoefakker, and A. Carpenter. 2008. Response of the onion pests *Thrips tabaci* (Lind.) (Insecta: Thysanoptera: Thripidae) and *Aspergillus niger* (van Tighem) (Fungi: Hyphomycetes) to controlled atmospheres. Postharvest Biol. Technol. 48(1). 139-145.

Downes, K., G. A. Chope, and L. A. Terry. 2009. Effect of curing at different temperatures on biochemical composition of onion (*Allium cepa* L.) skin from three freshly cured and cold stored UK-grown onion cultivars. Postharvest Biol. Technol. 54(2): 80-86.

Downes, K., G. A. Chope, and L. A. Terry. 2010. Postharvest application of ethylene and 1-methylcyclopropene either before or after curing affects onion (*Allium cepa* L.) bulb quality during long term cold storage. Postharvest Biol. Technol. 55(1): 36-44.

Dris, R., R. Niskanen, and S. M. Jain. 2001. Crop management and postharvest handling of horticultural products. Vol. 1. Quality management. Science Publishers, Inc., Enfield, NH, USA. 364 p.

Drost, D. T. 1997. Asparagus, pp. 621-649. In: H. C. Wien (ed.). The Physiology of vegetable crops. CAB International. Wallingford, UK.

Dufault, R. J. 1996. Dynamic relationships between field temperatures and broccoli head quality. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121(4): 705-710.

Dufault, R. J. 1997. Determining heat unit requirements for broccoli harvest in coastal South Carolina. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122(2): 169-174.

Dufault, R. J., D. R. Decoteau, J. T. Garrett, R. T. Nagata, K. D. Batal, W. J. McLaurin, D. M. Granberry, K. B. Perry, and D. Sanders. 1989. Determination of heat unit requirements for collard harvest in the Southeastern United States. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114(6): 898-903.

Edmunds, B. A. et al. 2008. Postharvest handling of sweetpotatoes. North Carolina Cooperative Extension Service. The Internet.

El-Gizawy, A. M., M. M. F. Abdallah, I. I. El-Oksh, A. R. A. G. Mohamed, and A. A. G. Abdalla. 1993. Effect of soil moisture and nitrogen levels on chemical composition of onion bulbs and on onion storability after treatment with gamma radiation. Bull. Fac. Agric., Univ. Cairo 44(1): 169-182.

Eris, A., M. Ozgur, M. H. Ozer, H. Copur, and J. Henze. 1994. A research on the controlled atmosphere (CA) storage of lettuce. Acta Horticulturae No. 368: 786-792.

Eshel, D., R. Regev, J. Orenstein, S. Droby, and S. Gan-Mor. 2009. Combining physical, chemical and biological methods for synergistic control of postharvest diseases: a case study of black root rot of carrot. Postharvest Biol. Technol. 54(1): 48-52.

Etoh, T. 1994 Recent studies on leaf, flower, stem and root vegetables in Japan. Hort Abstr 64(2): 121-129.

Everaarts, A. P. and M E. T. Vlaswinkel. 2000. The effect of nitrogen harvest date and bud size on postharvest yellowing of buds of an early and a late cultivar of Brussels sprout (*Brassica oleracea* var. *gemmifera*). J Hort. Sci. Biotech 75(4): 470-475.

Ewing, E. E., O. E Schultz, and A. A Murka. 1967. Potato production recommendations for New York State. Cornell University, Ithaca, N. Y.

Fan, X and J. P Mattheis 2000 Reduction of ethylene-induced physiological disorders of carrots and iceberg lettuce by 1-methylclopropene HortScience 35(7): 1312-1314.

Fan, X and J P. Mattheis. 2000. Yellowing of broccoli in storage is reduced by 1-methylcyclopropene. HortScince 35(5) 885-887

Fenwick, G R and A B. Hanley 1990. Chemical composition , pp. 17-31 In: J. L. Brewster and H D. Rabinowitch (eds.). Onions and allied crops Vol III. Biochemistry, food science, and minor crops. CRC Press, Inc Boca Raton, Florida.

Finger, F. L and M Puiatti 1994. Effect of time of trimming on curing and storage of garlic bulbs. Horticultura Brasileira 12(2). 166-168 c a Hort Abstr. 66(4): 3086, 1996.

Finger, F. L., L. Endres, P. R. Mosquim, and M Puiatti. 1999. Physiological changes during postharvest senescence of broccoli. Pesquisa Agropecuária Brasileira 34(9): 1565-1569. c. a. Hort. Abstr. 70(2) 1374, 2000.

Flegg, P. B. and D. A. Wood. 1985 Growth and fruting, pp. 141-177 In P. B. Flegg, D. M. Spencer, and D. A. Wood (eds.). The biology and technology of the cultivated mushroom. John Wiley & Sons, Cichester, UK.

Forney, C. F. 1995. Hot-water dips extend the shell life of fresh broccoli. HortScience 30(5): 1054-1057.

Forney, C F. and M. A. Jordan 1998 Induction of volatile compounds in broccoli by postharvest hot-water dips. J Agric Food Chem. 46(12). 5295-5301

Forney, C F. and M. A. Jordan. 1999. Anaerobic production of methanethiol and other compounds by *Brassica* vegetables. HortScience 34(4): 696-699.

Forney, C. F. and R. K. Austin. 1988 Time of day at harvest influences carbohydrate concentration in crisphead lettuce and its sensitivity to high CO_2 levels after harvest. J. Amer Soc. Hort. Sci. 113(4): 581-583.

Forney, C F., P. D Hildebrand, and M. E. Saltveit. 1993. Production of methanethiol by anaerobic broccoli and microorganisms. Acta Horticulturae 343 100-104.

Fonseca, J M. et al. 2009 Effect of preharvest application of a second-generation harpin protein on microbial quality, antioxidants, and shell life of fresh-cut lettuce J. Amer. Soc. Hort Sci. No. 134: 141-147.

Forney, C and P. M A. Toivonen 2004. Brussels sprours. In ARS, USDA Agric Handbook 66 revised The Internet.

Forney, C F , J Song, L Fan, P. D Hildebrand, and M. A Jordan 2003 Ozone and 1-methylcyclopropene alter the postharvest quality of broccoli. J Amer Soc. Hort. Sci 128(3) 403-408

Fukasawa, A., Y. Suzuki, H Terai, and N. Yamauchi 2010 Effects of postharvest ethanol vapor treatment on activities and gene expression of chlorophyll catabolic enzymes in broccoli florets. Postharvest Biol Technol 55(2) 97-162

Fujime, Y and N Okuda 1994 Method for the prediction of budding and harvest time of broccoli under field conditions. Acta Horticulturae No. 371 355-362.

Funamoto, Y , N. Yamaguchi, T Shigenaga, and M. Shigyo. 2002 Effects of heat treatment on chlorophyll degrading enzymes in stored broccoli (*Brassica oleracea* L) Postharvest Biol. Technol 24 163-170.

Fustos, Z., M Pankotai Gilinger, and A. Ombodi. 1994. Effects of postharvest handling and cultivars on keeping quality of onions (*Allium cepa* L) in storage. Acta Hort. No. 368: 212-219.

Gillies, S. L. and P. M. A. Toivonen 1995 Cooling method influnces the postharvest quality of broccoli. HortScience 30(2): 313-315.

Gladon, R. J., C. A. Reitmeier, M L Gleason, G R. Nonnecke, N. H Agnew, and D. G. Olson 1997. Irradiation of horticultural crops at Iowa State University HortScience 32(4) 582-585.

Grevsen, K. 1998. Effects of temperature on head growth of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*): Parameter estimates for a predictive model. J. Hort Sci. & Biotechnol. 73(2): 235-244.

Hansen, M. E., H. Sorensen, and M. Cantwell. 2001. Changes in acetaldehyde, ethanol and amino acid concentrations in broccoli florets during air and controlled atmosphere storage. Postharvest Biol. Technol 22: 227-237.

Harrison, M D and G. D Franc. 1988 Post-harvest chemical treatments for control of tuber infection by *Alternaria solani*. Amer. J Potatos Res 65(5): 247-253.

Harrison, H. F., Jr., J. K. Peterson, C A Clark, and M. E. Snook. 2001 Sweetpotato periderm components inhibit in vitro growth of root rotting fungi. HortScience 36(5): 927-930

Hartman, K. J., P Diepenhorst, and K., Oosterhaven, 1993. The outlook for carvone as a 'natural' sprouting inhibitor. (in Dutch). Kartoffelbau 44(12): 493-496. (c. a. Field Crop Abstr 48(11), 8322, 1995).

Hassel, R. LaMar. 2004. Radish In: ARS, USDA Agric Handbook 66 revised. The Internet.

Hawthorn, L. R. and L. H Pollard 1954. Vegetable and flower seed production The Blakiston Co., Inc., N Y. 626 p.

Hays. R. J and Y. B Liu. 2008. Genetic variation for shelf-life of salad-cut lettuce in modified-atmosphere environments J. Amer. Soc. Hort Sci No 133

Hansen, M , C E Olsen, L Poll, and M. I Cantwell 1993 Volatile constituents and sensory quality of cooked broccoli florets after aerobic and anaerobic storage Acta Horticulturae 343: 105-111.

Hartman, K J , P. Diepenhorst, and K , Oosterhaven, 1993. The outlook for carvone as a 'natural' sprouting inhibitor. (in Dutch). Kartoffelbau 44(12): 493-496 (c. a Field Crop Abstr. 48(11); 8322; 1995).

He, S. Y., G. P. Feng, H. S. Yang, Y. Wu, and Y. F. Li. 2004 Effects of pressure reduction rate on qualiy and ultrastructure of iceberg lettuce after vacuum cooling and storage. Postharvest Biol Technol. 33: 263-273.

Henzi, M A , M C. Christey, and D. L. McNeil. 2000. Morphological characterization and agronomic evaluation of transgenic broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) containing an antisense ACC oxidase gene Euphytica 113: 9-18

Hernández Rivera, L., R. Mullen, and M. Cantwell. 1992. Textural changes of asparagus in relation to delays in cooling and storage conditions. HortTechnology 2(3): 378-381.

Heyes, J A 2004. Parsley. In: ARS, USDA Agric. Handbook No. 66 revised. The Internet

Heyes, J A., V. M. Burton, and L. A. de Vré. 1998. Cellular physiology of textural changes in harvested asparagus. Acta Horticulturae No. 464: 455-460.

Hilton, H W., S C. Clifford, D. C E Wurr, and K. S. Burton. 2009 The influence of agronomic factors on the visual quality of fieldgrown, minimally-processed lettuce. J. Hort Sci. Biotechnol. 84(2): 193-198

Hisashi, K -N and A. E. Watada. 1997. Effects of low-oxygen atmosphere on ethanolic dermentation in fresh-cut carrots. J. A. Amer. Soc. Hort. Sci. 122(1): 107-111.

Hodges, D. M. and C. F. Forney. 2003. Postharvest ascorbate metabolism in two cultivars of spinach differing in their senescence rates. J Amer Soc Hort Sci. 128(6). 930-935.

Hodges, D. M., C F. Forney, and W. Wismer. 2000. Processing line effects on storage attributes of fresh-cut spinach leaves. HortScience 35(7): 1308-1311

Hodges, D M, C F Forney, and W. V. Wismer. 2001 Antioxidant responses in harvested leaves of two cultivars of spinach differing in senessence rates J. Amer Soc. Hort Sci 126(5): 611-617.

Hoftun, H 1993 Internal atmosphere and watery scales in onion bulbs (*Allium cepa* L.) Acta Hort. No. 343 135-140.

Hong, G, G Peiser, and M I Cantwell 2000 Use of controlled atmospheres and heat treatment to maintain quality of intact and minimally processed green onions Postharvest Biology and Technology 20: 53-61.

Hounsome, N., B. Hounsome, D. Tomos, and G. Edwards-Jones. 2009. Changes in antioxidant compounds in white cabbage during winter storage Postharvest Biol. Technol. 52(2): 173-179.

Hu, W. and S. I. Tanaka. 2006. Effects of heat treatment on the quality and stirage life of sweet potato. J. Sci. Food Agric. 87(2): 313-319.

Hu, W., A. Jiang, H. Qi, K. Pang, and S. Fan. 2007. Effects of initial low oxygen and perforated film package on quality of fresh-cut cabbages. J. Sci Food Agric 87(11): 2019-2025

Hu, W. Z., A. L. Jiang, and S. I. Tanaka. 2007. Respiration and quality of fresh-cut cabbages in modified atmosphere packaging. Acta Hort. No. 746.

Huang, Y. H., D. H. Picha, A. W. Kilili, and C. E. Johnson. 1999. Changes in invertase activities and reducing sugar content in sweetpotato stored at different temperatures. J. Agric. Food Chem. 47(12): 4927-4931.

Hurst, P. L., V. Cheer, B. K. Sinclair, and D. E. Irving. 1997. Biochemical responses of asparagus to controlled atmosphere storage at 20°C. Journal of Food Biochemistry 20(6): 463-472

Hurst, P. L , G. Boulton, and R. E Lill 1998. Towards a freshness test for asparagus: spear tip asparagine content is strongley related to postharbest accumulated heat-units. Food Chemistry 61(3): 381-384.

Hyde, R. B. and J. W. Morrison. 1964. The effect of storage temperature on reducing sugars, pH and phosphorylase enzyme activity in potato tubers. Amer. J. Potato Res. 41(6): 163-168.

Hyodn, H., S. Morozumi, C. Kato, K. Tanaka, and H. Terai. 1995. Ethylene production and ACC oxidase activity in broccoli flower buds and the effect of endogenous ethylene on their senescence. Acta Horticulturae No. 394: 191-198.

Illeperuma, C., D. Schlimme, and T. Solomos. 1998. Chenges in sugars and activities of sucrose phosphate synthase, sucrose synthase, and invertase during potato tuber (Russet Burbank) reconditioning at 10°C in air and 2.53 kPa oxygen after storage for 28 days at 1°C. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123(2). 311-316.

Irving, D F. and D. C. Joyce. 1995. Sucrose supply can increase longevity of broccoli (*Brassica oleracea*) branchlets kept at 22°C. Plant Growth Regulation 17(3): 251-256.

Ishikawa, Y., C. Wessling, T. Hirata, and Y. Hasegawa. 1998. Optimum broccoli packaging conditions to preserve glutathione, ascorbic acid, and pigments. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 67(3): 367-371. c. a. Hort Abstr. 68(10): 8574; 1968.

Itoh, K., L. T. Li, and J. I. Himoto. 1994. Studies on preservation of vegetables (Part 1). Preservation of green asparagus. (In Japanese with English summary). Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery 56(3): 51-56. c. a. Hort. Abstr. 65(4): 3076; 1995.

Izumi, H., A. E. Watada, and W. Douglas. 1996. Optimum O_2 or CO_2

atmosphere for storing broccoli florets at various temperatures. J. Amer Soc. Hort Sci 121(1): 127-131.

Jamie, P and M. E. Saltveit. 2002. Postharvest changes in broccoli and lettuce during storage in argon, helium, and nitrogen atmospheres containing 2% oxygen. Postharvest Biol. Technol. 26: 113-116.

Janave, M T. and P. Thomas. 1979. Influence of post-harvest storage temperature and gamma irradiation on potato carotenoids. Potato Res. 22(4): 365-369.

Janssens, M. F. M 1994. Development of intelligent CA storage systems for fruit and vegetables: CA containers, pp. 89-93. In: P. Eccher Zerbini et al (eds.). The post-harvest treatment of fruit and vegetables: controlled atmosphere storage of fruit and vegetables. Commission of the European Communities, Brussels, Belgium. c. a. Hort. Abstr. 66(9): 7782, 1996.

Jenkins, P D., T C. Gillison, and A S. Al-Saidi. 1993. Temperature accumulation and physiological ageing of seed potato tubers Ann. Appl Biol. 122(2): 345-356.

Jeong, Y. C. and K W. Park. 1994. Effects of variety and bulb size on quality changes during storage of garlic (*Allium sativum* L.). J Korean Soc Hort Sic 35(2): 131-138 c. a Plant Breed. Abstr. 65. 11931; 1995.

Jia, C G , C. J Xu, J. Wei, J. Yuan, G. F. Yuan, B. L. Wang, and Q. M Wang 2009 Effects of modified atmosphere packaging on visual quality and glucosinolates of broccoli florets. Food Chemistry 114(1) 28-37.

Jitendra Singh and B. Dhankhar. 1991. Effects of nitrogen, postash and zinc on storage loss of onion bulbs (*Allium cepa* L.). Veg. Sci. 18(1) 16-23

Jolivet, S., A. Voiland, G. Pellon, and N. Aprin. 1995 Main factors involved in the browning of *Agaricus bisporus*, pp. 695-702. In. T. J. Elliott (ed.). Mushroom science XIV, Volume 2. Proceedings of the 14th International Congress on the Science and Cultivation of Edible Fungi. A. A Balkema, Rotterdam, Netherlands.

Jolivet, S., N. Arpin, H. J. Wichers, and G. Pellon. 1998. *Agaricus bisporus* browning: a review. Mycological Research 102(12): 1459-1483.

Jones, H A. and J. T. Roza. 1928. Truck crop plants. McGraw-Hill Book Co., Inc , N. Y. 538 p.

Kader, A. A , R F. Kasmire, F G Mitchell. M. S. Reid, N. F. Sommer, and J F Thompson 1985 Postharvest technology of horticultural crops Univ Calif , Div Agric Natural Resources 192 p.

Kalt, W., R K. Prange, B. J. Daniels-Lake, J Walsh, P Dean, and R. Coffin. 1999. Alternative compounds for the maintenance of processing quality of stored potatoes (*Solanum tuberosum*). Food Proc. Preservation 23(1) 71-81.

Kandeel, N. M., S. A Ahmed, and S. A. Abdel-Aal. 1991. Studies on potato haulm killing. 1 Yield and tuber quality. Assiut J. Agric Sci. 22(5): 159-169

Kang, H M and M E Saltveit 2003 Wound-induced increases in phenolic content of fresh-cut lettuce is reduced by a short immersion in aqueous hypertonic solutions Postharvest Biol Technol 29: 271-277.

Kasai, Y , M Kato, and H Hyodo 1996. Ethylene biosynthesis and its involvement in senescence of broccoli florets. J. Jap. Soc Hort Sci. 65(1) 185-191

Kasai, Y., M Kato, J Aoyama, and H Hyodo. 1998 Ethylene production and increase in 1-aminocyclopropane-1-carboxylate oxidase during senescence of broccoli florets Acta Horticulturae No. 464: 153-157

Kasai, Y., H. Hyodo, Y. Ikoma, and M Yano. 1998. Characterization of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) oxidase in broccoli florets and from *Escherichia coli* cells transformed with cDNA of broccoli ACC oxidase Botanical Bulletin of Academia Sinica 39(4): 225-230 c a Hort Abstr. 69(3) 2134, 1999.

Kasmire, R F 1983. Influence of mechanical harvesting on quality of nonfruit vegetables HortScience 18. 421-423.

Kasmire, R E., A. A Kader, and J A. Klaustermeyer. 1974 Influence of aeration rate and atmospheric composition during simulated transit on visual quality and off-odor production by broccoli. HortScience 9(3): 228-229.

Kato, M et al. 2002. Wound-induced ethylene synthesis in stem tissue of harvested broccoli and its effect o senescence and ethylene synthesis in broccoli florets. Postharvest Biol. Technol 24: 29-78.

Kays, S. J. 2004. sweetpotato In ARS, USDA Agric. Handbook 66 revised The Internet.

Kays, S J. 2004 Jerusalem artichoke. In: ARS, USDA Agric. Handbook 66 revised. The Internet.

Ke, D. and M. E. Saltveit, Jr. 1986. Effects of calcium and auxin on russet spotting and phenylaanine ammonia-lyase activity in Iceberg lettuce HortScience 21 1169-1171

Ke, D. and M E. Saltveit, Jr. 1989. Regulation of russet spotting, phenolic metabolism, and IAA oxidase by low oxygen in iceberg lettuce. J. Amer. Soc Hort. Sci 114(4): 368-642.

Ke, D. and M. E. Saltveit, Jr. 1989a. Developmental control of russet spotting, phenolic enzymes, and IAA oxidase in cultivars of iceberg lettuce. J. Amer. Soc. Hort Sci. 114: 472-477.

Ke, D and M E Saltveit, Jr. 1989b. Regulation of russet spotting, phenolic metabolism, and IAA oxidase by low oxygen in iceberg lettuce J. Amer Soc Hort Sci. 114(4): 638-642.

Kest.. S and Y Piyasaengthong. 1994. Effect of chlorinated water on postharvest decay of asparagus. Acta Horticulturae No. 369 63-68.

Khanbari, O S and A K Thompson 1996. Effect of controlled atmosphere, temperature and cultivar on sprouting and processing quality of stored potatoes Potato Research 39(4). 523-531.

Kim, G. H. and R B. H. Wills. 1995. Effect of ethylene on storage life of lettuce. Journal of the Science of Food and Agriculture 69(2): 197-201

Kim, B. S., O. W Kim, D C. Kim, and G H Kim. 1999. Development of a surface sterilization system combined with a washing process technology for leafy lettuce Acta Horticulturae No. 483: 311-317.

King. G A and S C Morris. 1994a. Physiological changes of broccoli during early postharvest senescence and through the preharvest-postharvest continuum. J Amer Soc Hort Sci. 119(2): 270-275.

King, G. A. and S. C. Morris 1994b Early compositional changes during postharvest senescence of broccoli J Amer. Soc Hort. Sci. 119(5). 1000-1005.

Klieber, A and B Franklin. 2000. Ascorbic acid content of minimally processed Chinese cabbage Acta Horticulturae No. 518: 201-204.

Klieber, A., L. Jewell, and N. Simbeya. 1993. Ice or an ice-replacement agent does not improve refrigerated broccoli storage at 1°C. HortTechnology 3(3): 317-318.

Kleinkopf, G. E., N. A. Oberg, and N L. Olsen. 2003. Sprout inhibition in storage: current status, new chemistries and natural compounds. Amer. J. Potato Res. 80(5): 317-327.

Kleinkopf, G., M. J. Frazier, and T. Brandt 2007. Spearmint and peppermint as alternative sprout inhibitors University of Idaho Potato Storage Research The Internet.

Ko. N P., A. E. Watada, D. V. Schlimme, and J. C. Bouwkamp. 1996. Storage of spinach under low oxygen atmosphere above the extinction point. J. Food Sci. 61(2): 398-400.

Kobayashi, A., R. Itagaki, Y. Tokitomo, and K. Kubota. 1994. Changes of aroma character of irradiated onion during storage. (In Japanese with English summary). J. Jap. Soc. Food Sci. Tech. 41(10): 682-686. c. a, Hort. Abstr. 65: 6957; 1997.

Kolbe, H., K. Muller, G. Olteanu, and T. Gorea. 1995. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer treatments on weight loss and changes in chemical composition of potato tubers stored at 4°C. Potato Research 38(1): 97-107.

Kolsch, E., H. Stoppler, H. Vogtmann, and W, Batz. 1991. Potatoes in ecological farming. 2. Storage suitability, tuber contents, and sensory quality. (In German). Kartoffelbau 42(2)· 68-75. (c. a. Field Crop Abstr. 46. 3687; 1993).

Komochi, S. 1990. Bulb dormancy and storage physiology, pp. 89-111. In: H. D Rabinowitch and J. L. Brewster (eds.). Onions and allied crops. Vol. I. Botany, physiology, and genetics. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.

Kopsell, D. E. and W. M. Randle. 1997 Onion cultivars differ in pungency and blub quality changes during storage HortScience 32(7): 1260-1263

Koseki, S. and K. Itoh 2002. Effect of nitrogen gas packaging on the quality and microbial growth of fresh-cut vegetables under low temperatures J. Food Prot. 65(2): 326-332.

Koukounaras, A., A. S. Siomos, and E. Sfakiotakis. 2009. Impact of heat treatment on ethylene production and yellowing of modified atmosphere packaged rocket leaves. Postharvest Biol. Technol. 54(3): 172-176.

Knoche, M., M. Schutz, S. Peschel, and M. Hinz. 2001. Curvature of carrot (*Daucus carota* L.) sticks is related to number and distribution of xylem vessels. Postharvest Biology and Technology 22: 133-139.

Krzesinski, W., M. Gasecka, J. Stachowiak, and M. Knaffewski. 2008. Plant age effect on asparagus yielding in terms of carbohydrate balance. Folia Hort. 20(2): 29-38.

Ku, V. V. V. and R. B. H. Wills. 1999 Effect of 1-methylcyclopropene on the storage life of broccoli. Postharvest Biology and Technology 17(2): 127-132.

Kushman, L J. 1969. Inhibition of sprouting in sweetpotato by treatment with CIPC HortScience 4· 61-63.

Kwon, H J, G P Hong, and Y J Kong 1998. Effects of precooling and film packing on shelf-life in celery. (in Korean with English summary). c a. Hort Abstr 69(8): 7021; 1999

Lafuente, M T., G López-Gálvez, M. Cantwell, and S. F. Yang. 1996 Factors influencing ethylene-induced isocumarin formation and increased respiration in carrots. J. Amer. Soc Hort. Sci. 121(3). 537-542.

Lallu, N., C. W. Yearsley, and H. J. Elgar. 2000 Effects of cooling treatments and physical damage on tip rot and postharvest quality of asparagus spears. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 28(1) 27-36

Lancaster, J E, J Farrant, M. Shaw, B. Bycroft, and D. Brash. 2001. Does sulphur supply to bulb affect storage of onions. Acta Hort No 555. 111-115.

Lattanzio, V., A Cardinali, D. di Venere, V. Linsalata, and S. Palmieri 1994 Browning phenomena in stored artichoke (*Cynara scolymus* L.) heads enzymic or chemical reactions? Food Chemistry 50(1) 1-7

Lazcano, C A, F. J. Dainello, L. M. Pike, M E. Miller, L Brandenberger, and L R Baker 1998 Seed lines, population density, and root size at harvest affect quality and yield of cut-and-peel baby carrots HortScience 33(6): 972-975

Lee, S K and A. A. Kader 2000 Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biol. Technol 20. 207-220.

Leeuwen, J. van, H. Peppelenbos, W van Uden, N Pras, and H J Wichers 1998 The role of protease in the discolouration of mushrooms (*Agaricus bisporus*) stored under modified atmospheres. Recent Research Developments in Phytochemistry 2(2): 455-462.

Leja, M., A. Mareezek, and S. Rozek. 1996. Quality changes in lettuce heads stored in a controlled atmosphere. II Phenolic metabolism and ethylene evolution. Folia Hortculturae 8(2): 89-93. c. a. Hort. Abstr. 67(5): 3977; 1997.

Lemoine, M. L., P M. Civello, A. R. Chaves, and G. A. Martinez. 2007 Effect of combined treatment with hot air and UV-C on senescence and quality parameters of minimally processed broccoli (*Brassica olerocea* L var *italica*). Postharvest Biol. Technol 48(1): 15-21.

Lemoine, M L, P Civello, A Chaves, and G Martinez 2009 Hot air

treatment delays senescence and maintains quality of fresh-cut broccoli florets during refrigerated storage. Food Sci. Technol. 42(6): 1076-1081.

León, A., D. Frezza, V. Logegaray, and A. Chiesa. 2007. Postharvest behavior of butterhead lettuce minimally processed. Acta Hort. No. 746: 345-350.

Lewis, N. D., G. E. Kleinkopf, and K. K. Shetty. 1997. Dimethylnaphthalene and diisopropylnapthalene for potato sprout control in storage: I. Application methodology and efficacy. Amer. Potato J. 74(3): 183-197.

Li, Y. R. E. Brackett, R. L. Shewlelt, and L. R. Beuchat 2001. Changes in appearance and natural microflora on iceberg lettuce treated in warm, chlorinated water and then stored at refrigeration temperature. Food Microbiol. 18(3): 299-308.

Li, Y., R. E. Brackett, J. Chen, and L. R. Beuchat. 2002. Mild heat treatment of lettuce enhances growth of *Listeria monocytogens* during subsequent storage at 5°C or 15°C. J. Appl. Microbiol. 92(2): 269-275.

Lill, R. E., and W. M Borst. 2001 Spear height at harvest influences postharvest quality of asparagus (*Asparagus officinalis*). New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 29(3): 187-194.

Lill, R. E. and V. K. Corrigan. 1996. Asparagus responds to controlled atmospheres in warm conditions. International Journal of Food Science & Technology 31(2): 117-121.

Lim, B. S., C. S. Lee, S. T. Choi, and Y. B. Kim. 1998. Effect of pretreatment and polyethylene film packaging on storage of carrot (In Korean with English summary). RDA J. Hort Sci. 40(1): 83-88. c. a. Hort. Abstr. 69(2): 1486; 1999.

Lipton, W. J. 1990. Postharvest biology of fresh asparagus. Horticultural Reviews 12: 69-155.

Lipton, W. J. and B. E. Mackey. 1987. Physiology and quality responses of Brussels sprouts to storage in controlled atmospheres. J. Amer Soc Hort. Sci. 112(3): 491-496.

Lipton, W. J. 1987. Senescence of leafy vegetables. HortScience 22. 854-859.

Liu, Y. B. 2008. Ultralow oxygen treatment for postharvest control of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera:

Thripidae), on iceberg lettuce. I. Effects of temperature time, and oxygen level on insect mortality and lettuce quality. Postharvest Biol. Technol. 49(1): 129-134.

Loaiza-Velarde, J. G., F. A. Tomás-Barberá, and M. E. Saltveit. 1997. Effect of intensity and duration of heat-shock treatments on wound-induced phenolic metabolism in iceberg lettuce. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122(6): 873-877.

Loaiza-Velarde, J. G. and M. E. Saltveit. 2001. Heat schocks applied either before or after wounding reduce browning of lettuce leaf tissue. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 126(2): 227-234.

Loon, P. C. C. van, H. A. T. I. Swinkels, and L. J. L. D. van Griensven. 2000. Dry matter content in mushrooms (*Agaricus bisporus*) as an indicator for mushroom quality, pp. 507-513. In: L. J. L. D. van Griensven (ed.). Science and cultivation of edible fungi. Proceedings of the 15th International Congress on the Science and Cultivation of Edible Fungi. A. A. Balkema, Rotterdam, Netherlands

López-Gálvez, G., M. Saltveit, and M. Cantwell. 1996a. The visual quality of minimally processed lettuces stored in air or controlled atmosphere with emphasis on romaine and iceberg types. Postharvest Biol. Technol. 8. 179-190.

López-Gálvez, G., M. Saltveit, and M. Cantwell. 1996b. Wound-induced phenylalanine ammonia lyase activity. factors affecting its induction and correlation with the quality of minimally processed lettuces. Postharvest Biol. Technol. 9: 223-233.

López-Gálvez, F. et al. 2010. Suitability of aqueous dioxide versus sodium hypochlorite as an effective sanitizer for preserving quality of fresh-cut lettuce while avoiding by-product formation. Postharvest Biol. Technol. 55(1): 53-60.

Lorenz, O. A. and D. N. Maynard. 1980. (2nd ed.). Knott's handbook for vegetable growers, Wiley-Interscience, N. Y. 390 p.

Lougheed, E. C. 1987. Interactions of oxygen, carbon dioxide, temperature, and ethylene that may induce injuries in vegetables. HortScience 22(5): 791-794.

Luo, Y. 2007. Fresh-cut produce wash water reuse affects water quality and packaged product quality and microbial growth in romaine lettuce. HortScience 42: 1413-1419.

Luo, Y., T Suslow, and M. Cantwell 2004. Asparagus. In: ARS, USDA, Agric. Handbook 66 revised. The Internet.

Lurie, S., J. D. Klein, E. Fallik, and L. Varjas. 1998. Heat treatment to reduce fungal rots, insect pests and to extend storage. Acta Hort. No. 464: 309-313.

Lutz, J. M. and R. E. Hardenburg. 1968. The Commercial storage of fruits, vegetable and florist and nursery stocks. U. S. Dept. Agric. Agric. Handbook No. 66. 94 p.

MAFF, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, UK 1998 EC quality standards for horticultural produce. Fresh vegetables. London.

Mahmud, T. M M., J. G. Atherton, C. J. Wright, M. F. Ramlan, and S. H. Ahmad. 1999. Pak choi (*Brassica rapa* spp. *chinensis* L.) quality response to pre-harvest salinity and temperature. J. Sci. Food Agric. 79(12). 1698-1702

Maksoud, M A and I I El-Oksh 1983 Developmental growth changes in garlic Egypt J. Hort. 10 131-142

Makhlouf, J , F Castaigne, J Arul, C. Willemot, and G. Gosselin 1989 Long-term storage of broccoli under controlled atmosphere. HortScience 24(4): 637-639

Makhlouf, J., C. Willemot, J. Arul, F Chéour, F Castaigne, and A Gosselin. 1991. The role of ethylene in storage and regulation of ethylene biosynthesis of broccoli florets after harvest. (In French with English summary). Canadian Inst. Food Sci. Tech. J. 24(1-2): 42-47.

Manning, K 1985 Food value and chemical composition, pp. 221-230 In P. B. Flegg, D. M. Spencer, and D A Wood (eds.). The biology and technology of the cultivated mushroom John Wiley & Sons, Chichester, UK

Marinus, J. 1992. The effect of temperature and light during storage of young seed potatoes on initial plant development at early plantings Potato Res. 35(4): 343-354

Martinez, J. A. and F. Artes. 1999. Effect of packaging treatments and vacuum-cooling on quality of winter harvested iceberg lettuce. Food Research International 32(9): 621-627.

Martinez-Soto, G , O Paredes-López, R. Ocana-Camacho, and M. Bautista-Justo. 1998. Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) quality as affected

by modified atmosphere packaging Mycologia Neotropical Aplicada 11: 53-67. c a. Hort. Abstr. 69(8): 7040; 1999.

Mateos, M., D Ke, A. Kader, and M. Cantwell. 1993a. Differential responses of intact and minimally processed lettuce to high carbon dioxide atmospheres. Acta Hort. 343: 171-174.

Mateos, M., D Ke, M. Cantwell, and A. A. Kader. 1993b. Phenolic metabolism and ethanolic fermentation of intact and cut lettuce exposed to CO_2-enriched atmospheres. Postharvest Biology and Technology 3: 225-233.

Mau, J L and S J. Hwang. 1999. Volatile flavor compounds of mushroom mycelium. Food Sci. Agric. Chem. 1(2): 148-153.

Mau, J. L , R. B. Beelman, and G. R. Ziegler. 1992. 1-Octen-3-ol in the cultivated mushroom. *Agaricus bisporus* J. Food Sci. 57(3): 704-706.

Mau. J. L., R. B. Beelman, and G. R. Ziegler. 1993. Factors affecting 1-octen-3-ol in mushrooms at harvest and during post-harvest storage J Food Sci 58(2): 331-334.

Mencarelli, F. 2004. Swiss chard. In. ARS, USDA Agric Handbook 66 revised. The Internet

Mencarelli, F 2004 Truffles. In: ARS. USDA Agric. Handbook 66 revised. The Internet

Mencarelli, F., R. Massantini, and M. Casella. 1993. The influence of chemicals, stem length and plastic films on the quality of artichoke buds J Hort Sci 68(4) 597-603.

Mencarelli, F., R. Massantini, and R. Botondi. 1997. Physiological and textural response of truffles during low-temperature of storage J Hort. Sci. 72(3): 407-414.

Menniti, A M , M. Maccaferri, and A. Folchi. 1997. Physiopathological response of cabbage stored under controlled atmospheres. Postharvest Biology and Technology 10(3): 207-212

Mercier, J., D. Roussel. M. T. Charles, and J. Arul. 2000. Systemic and local responses associated with UV- and pathogen-induced resistance to *Botrytis cinerea* in stored carrot. Phytopathology 90: 981-986

Miedema, P 1992 The effects of temperature on sprouting of onion bulbs. Onion Newsletter for the tropics No 4. 52-54

Miedema, P 1994 Bulb dormancy in onion I. The effects of temperature and cultivar on sprouting and rotting, J Hort Sci. 69(1): 29-30.

Miedema, P. 1994. Bulb dormancy in onion. III. The influence of the root system, cytokinin and wounding on sprout emergence. J. Hort. Sci. 69(1): 47-52.

Miedema, P. and F. C. Kamminga. 1994. Bulb dormancy in onion. II. The role of cytokinins in high-temperature imposed sprout inhibition. J. Hort. Sci. 69(1): 41-45.

Minges, P. A., A. A. Muka, A. F. Sherf, and R. F. Sandsted. 1971. Vegetable production recommendations: Cornell Univ., Ithaca, N. Y. 36 p.

Mori, T., H. Terai, N. Yamauchi, and Y Suzuki. 2008. Effects of postharvest ethanol vapor treatment on the ascorbate-glutathione cycle in broccoli florets. Postharvest Biol. Technol. 52(1): 134-136.

Morris, L. L., A. K. Kader, J. A., Klaustermeyer, and C. C. Cheyney. 1978. Avoiding ethylene concentrations in harvested lettuce. California Agric. 32(6): 14-15.

Nakanishi, H., Y. Ootake, and T. Fujita. 1996. Quality maintenance of broccoli by the use of functional packaging films. (In Japanese with English summary). Research Bulletin of the Aichi-ken Agric. Res. Center No 28. 199-207. c. a. Hort. Abstr. 68(3): 2237; 1998.

Nichols, R. 1985. Post-harvest physiology and storage, pp. 195-210. In P. B. Flegg, D. M. Spencer, and D. A. Wood (eds.). The biology and technology of the cultivated mushroom John Wiley & Sons, Cichester, UK.

Nilsson, T. 1993 Influence of the time of harvest on keepability and carbohydeate composition during long-term storage of winter white cabbage. J. Hort. Sci. 68(1): 71-78.

Norman, M. J. T., C. J. Pearson, and P. G. E. Searle. 1995. Tropical food crops in their environment. (2nd ed.) Cambridge Univ. Pr., Cambridge. 430 p.

Nussinovitch, A. and N. Kampf. 1993. shelf-life extension and conserved texture of alginate-coated mushrooms (*Agaricus bisporus*). Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie 26(5): 469-475. c. a. Hort. Abstr. 65(3): 2237; 1995.

Obenland, D. M., L. H. Aung, and R E. Rij. 1994. Timing and control of methanethiol emission from broccoli florets induced by atmospheric modification. J. Hort. Sci. 69(6): 1061-1065.

Obenland, D. M., R. E. Rij, and L. H. Aung. 1995. Heat-induced alteration of

methanethiol emission from anaerobic broccoli florets. J. Hort. Sci. 70(4): 657-663.

O'Donoghue, E. P., R. Y. Yada, and A. G. Marangoni. 1995. Low temperature sweetening in potato tubers: the role of the amyloplast membrane. J. Plant. Phys. 145(3): 335-341.

Ogilvy, S. E 1992. The effect of time and method of defoliation on the yield and quality of potatoes Aspects of Appl. Bio. No. 33: 37-44.

Ohara-Takada, A. et al. 2005 Change in content of sugars and free amino acids in potato tubers under short-term storage at low temperature and the effect on acrylamide level after frying. Biosci., Biotechnol., and Biochem. 69(7): 1232-1238.

Ohio State University. 2009. Asparagus production management and marketing Bulletin 826. The Internet.

Okeyo, J. A and M. M. Kushad. 1995. Composition of four potato cultivars in relation to cold storage and reconditioning. HortTechnology 5(3): 250-253.

Okumura, K., H. Hyodo, M Kato, Y. Ikomo, and M. Yano. 1999. Ethylene biosynthesis in sweet potato root tissue infected by black rot fungus (*Ceratocystis fimbriata*). Postharvest Biol. Technol. 17(2): 117-125.

Olsen, N L., G. E. Kleinkopf, and L K. Woodell. 2003. Efficacy of chlorine dioxide for disease control on storaed potatoes. Amer. J. Potato Res. 80(6): 387-395.

Olsen, N., G. Kleinkopf, G. Secor, L Woodell, and P. Nolte. 2008. The use of chlorine dioxide in potato storage. College of Agriculture, University of Idaho The Internet.

Onwueme, I C. 1978. The tropical tuber crops. John Wiley & Sons, N. Y. 234 p.

Padda, M. S. and D. H. Picha. 2008. Effect of low temperature storage on phenolic composition and antioxidant activity of sweetpotatoes. Postharvest Biol. Technol. 47(2): 176-180.

Padda, M. S. and D. H. Picha. 2008. Effect of style of cut and storage on phenolic composition and antioxidant activity of fresh-cut sweetpotatoes. HortScience. 43: 431-434.

Padule, D. N., S. R. Lohate, and P. M. Kotecha. 1996. Control of spoilage of onion bulbs by post-harvest fungicidal treatments during storage Onion Newsletter for the Tropics No. 7: 44-48.

Pandey, U. B., Lallan Singh, S. P. Singh, and P. K. Mishra. 1992. Studies on the effect of curing on storage life of kharif onion (*Allium cepa* L.). Newsletter - Associated Agricultural Development Foundation 12(3): 14-16. c. a. Hort. Abstr. 64: 7833; 1994.

Papadopoulou, P. P., A. S. Siomos, and C. C. Dogras. 2001. Metabolism of etiolated and green asparagus before and after harvest. J. Hort. Sci. Biotchnol. 76(4): 497-500.

Paradis, C., F. Castaigne, T. Desrosiers, and C. Willemot. 1995. Evolution of vitamin C, β-carotene and chlorophyll content in broccoli heads and florets during storage in air. (In French with English summary). Sciences des Aliments 15(2): 113-123. c. a. Hort. Abstr. 65(12): 10709; 1995.

Park, W. P. and D. S. Lee. 1995. Effect of chlorine treatment on cut water cress and onion. J. Food Quality 18(5): 415-424.

Park, K. W., M. H Lee, and G. P. Lee. 1993. Effects of trimming, storage temperature and kinds of film on the shelf life of Brussels sprouts. (in Korean with English summary). J. Korean Soc. Hort. Sci. 34(6): 421-429.

Pascual, B., J. V. Maroto, S. López-Galarza, J. Ala-Garda, M. S. Bono, and A. San Bautista. 1996. Changes in some nutrient contents of broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenk) inflorescences affected by the brown bud disorder. Acta Horticulturae No. 407: 327-332.

Passam, H. C., G. Apostolopoulos, and K. Akoumianakis. 1999. Artichoke quality during storage at 2 and 10 C in relation to the presence of the flower stalk and enclosure in polyethylene. Adv. Hort. Sci. 13(4): 165-167.

Paterson, D. R., S. H. Wittwer, L. E. Weller, and H. M. Sell. 1951. The effect of preharvest foliar sprays of maleic hydrazide on sprout inhibition and storage quality of potatoes. Plant Physiol. 26: 135-142.

Paull, R. E. and N. J. Chen. 1999. Heat treatment prevents postharvest geotropic curvature of asparagus spears (*Asparagus officinalis* L.). Postharvest Biology and Technology 16(1): 37-41.

Paull, R. E. and C. C. Chen. 2004. Taro. In ARC, USDA Agric. Handbook 66 revised. The Internet.

Pavlista, A. D. 2001. UCC-C4243 dessication of potato vines. HortTechnology 11(1): 86-89.

Peiser, G., G. López-Gálvez, M. Cantwell, and M. E. Saltveit. 1998. Phenylalanine ammonia-lyase inhibitors do not prevent russet spotting

lesion development in lettuce midrips J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123(4): 687-691.

Peiser, G., G. López-Gálvez, M. Cantwell, and M. E. Saltveit. 1998. Phenylalanine ammonia lyase inhibitors control browning of cut lettuce. Postharvest Biol. Technol. 14: 171-177.

Perkins-Veazie, P., J. K. Collins, and T. G. McCollum. 1993. Comparison of asparagus cultivars during storage HortTechnology 3(3): 330-331.

Picha, D. H. 1985. Crude protein, minerals, and total carotenoids in sweet potatoes. J. Food Sci. 50(6): 1768-1769.

Picha, D. H. 1986. Carbohydrate changes in sweet potatoes during curing and storage J. Amer. Soc. Hort. Sci 111(6): 89-92.

Picha, D. H. 1986. Influence of storage duration and temperature on sweet potato sugar content and chip color. J Food Sci. 51(1): 239-240.

Picha, D. H. 1986. Sugar content of baked sweet potatoes from different cultivars and lengths of storage. J. Food Sci. 51(3). 845-846 & 848.

Picha, D. H. 1986. Weight loss in sweet potatoes during curing and storage contribution of transpiration and respiration J. Amer Soc Hort Sci 111(6): 889-892.

Picha, D. H. 1987. Chilling injury, respiration, and sugar changes in sweet potatoes stored at low temperature. J. Amer Soc. Hort Sci. 112(3): 497-502.

Pogson, B. J. and S. C. Morris. 1997. Consequences of cool storage of broccoli on physiological and biochemical changes and subsequent senescence at 20°C. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122(4). 553-558.

Polderdijk, J. J. and G. J. P. M. van den Boogaard. 1998. Effect of reduced levels of O_2 and elevated levels of CO_2 on the quality of bunched radishes Gartenbauwissenschaft 63(6): 250-253.

Poubol, J., M. Inada, Y. Takiguchi, and H. Izum. 2007. Storage quality of fresh-cut lettuce treated with ozonated water and stored in high CO_2 modified atmosphere packaging. Acta Hort. 746: 417-424.

Prange, R. K. et al. 1998. Using ethylene as a sprout control agent in stored 'Russet Burbank' potatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123(3): 463-469.

Prange, R. K, 2004 Cabbage In: ARS, USDA Agric. Handbook 66 revised. The Internet.

Ramamurthy, M. S., K. K. Ussuf, P. M. Nair, and P. Thomas. 2000 Lignin

biosynthesis during wound healing of potato tubers in response to gamma irradiation. Postharvest Biol Technol. 18 267-272.

Ramin, A. A. 1999. Storage potential of bulb onions (*Allium cepa* L) under high temperatures. J. Hort. Sci. Biotechnol 74(2): 181-186.

Ransey, G. B. and J. S. wiant. 1941. Market diseases of fruits and vegetables· asparagus, onions, beans, peas, carrots, celery and related vegetables. U. S. Dept. Agr., Misc. Pub. No. 440. 70 p.

Rangavajhyala, N., V M. Ghorpade, and S. S. Kadam. 1998. Broccoli, pp. 337-357. In: D. K. Salunkhe and S. S Kadam. (eds.). Handbook of vegetable science and technology. Marcel Dekker, Inc., N. Y.

Rapior, S., S Breheret, T. Talou, and J M. Bessiere. 1997. Volatile flavor constituents of fresh *Marsmius alliaceus* (garlic *Marsmius*). J Agrc. Food Chem. 45(3)· 820-825.

Rastovski, A., A. Van Es et al 1981. Storage of potatoes. Center for Agric. Publication and Documentation, Wageningen. 462 p.

Ravi, V 1997 Respiration of intact and damaged sweet potatoes at different trmperatures and relative humidities J Root Crops 20(2) 89-95

Read, P. E. 1982 Plant growth regulator use in field-scale vegetable crops, pp 285-296. In J S McLaren (ed.) Chemical manipulation of crop growth and development Butterworth Scientific, London.

Redit, W H and A. A. Hamer. 1961. Protection of rail shipments of fruits and vegetables. U S. Dept Agr., Agr. Handbook No. 195 108 p.

Renquist, A R., R E Lill, W. M Borst, B. L. Bycroft, V. K. Corrigan, and E. M. O'Donoghue 2005. Postharvest life of asparagus (*Asparagus officinalis*) under warm conditions can be extended by controlled atmosphere or water feeding. New Zealand J. Crop Hort. Sci. 33: 269-276.

Reust, W. 2000. Carvone, a new natural sprouting inhibitor for potato storage. (In French with English summary). Revue Suisse d'Agriculture 32(4): 150-152. (c. a. Field Crop Abst. 53(11): 7839; 2000)

Reyes, A. A. and R. B. Smith. 1987. Effect of oxygen, carbon dioxide, and carbon monoxide on celery in storage. HortScience 22: 270-271.

Ritenour, M A., M. J Ahrens, and M. E. Saltveit. 1995. Effects of temperature on ethylene-induced phenylalanine ammonia lyase activity and russet spotting in harvested iceberg lettuce. J. Amer. Soc. Hort Sci. 120(1): 84-87.

Ritenour, M A , E G Sutter, D. M. Williams, and M. E. Saltveit 1996. Indole-3-acetic acid (IAA) content and axilary bud development in relation to russet spotting in harvested iceberg lettuce. J. Amer. Soc. Sci. 121(3): 543-547.

Rocha, A. J. Ferreira, A. Silva, G. N. Almeida, and A. Morais. 2006. Quality of grated carrot (var Nantes) packed under vacuum. J. Sci. Food Agric 87(3): 447-451.

Rubatzky, V. E. and M. Yamaguchi. 1999. World vegetables: principles, production, and nutritive values (2nd ed.). Aspen Pub., Inc., Gaithersburg, Maryland, USA. 843 p.

Rubatzky, V. E , C. F. Quiros, and P. W Somon. 1999. Carrots and related vegetable umbelliferae. CABI Publishing, Wallingford, UK. 294 p.

Rushing, J. W. 1988. Physiological basis for extension of shelf life of pre-packaged broccoli florets by cytokinin treatment. (Abstr.) HortScience 23: 826

Rushing, J W. 1990. Cytokinins affect respiration, ethylene production, and chlorophyll retention of packaged broccoli florets. HortScience 25(1) 88-90

Rutherford, P P. and R. Whittle. 1984 Methods of predicting the long-term storage of onions J Hort Sci 59(4) 537-543.

Ryder, E J. 1979 Leafy salad vegetables. The Avi Pub. Co., Inc., Westport, Conn. 266 p.

Ryder, E J 1999 Lettuce, endive and chicory. CABI Pub., UK 208 p.

Sabba, R. P., A. J. Bussan, B. A. Michaelis, R. Hughes, M J. Drilias, and M T Glynn. 2007. Effect of planting and vine-kill timming on sugars, specific gravity and skin set in processing potato cultivars. Amer. J Potato Res. 84(3): 205-215.

Saito, M., D. R. Rai, and R. Masuda. 2000. Effect of modified atmosphere packaging on glutathione and ascorbic content of asparagus spears. Journal of Food Processing and Preservation 24(3): 243-251.

Saltveit, M. E. 1997. A summary of CA and MA requirements and recommendations for harvested vegetables. CA '97 Proceedings, Vol 4, pp 98-117. Postharvest Horticulture Series No. 18, University California, Davis.

Saltveit, M E 1998 Heat-shock and fresh cut lettuce. Perishables Handling Quarterly Issue No 95: 5-6.

Saltveit, M. E., Jr. 1998 Postharvest glyphosate application reduces toughening, fiber content, and lignification of stored asparagus spears. J Amer. Soc. Hort. Sci. 113(4). 569-572.

Saltveit, M. E. 2000 Wound induced changes in phenolic metabolism and tissue browning are altered by heat shock. Postharvest Biology and Technology 21: 61-69.

Saltveit, M. E. 2004. Endive and escarole. In: ARS, USDA Agric. Handbook 66 revised. The Internet.

Saltveit, M. E. 2004. Effect of 1-methylcyclopropene on phenylpropaniod metabolism, the accumulation of phenolic compounds, and browing of whole and fresh-cut 'iceberg' lettuce Postharvest Biol. Techno. 34: 75-80.

Saltveit. M. E. and L. Qin. 2008. Heating the ends of leaves cut during coring of whole heads of lettuce reduces subsequent phenolic accumulation and tissue browning Postharvest Biol. Technol. 47(2): 255-259.

Salunkhe, D. K. and B. B. Desai. 1984. Postharvest biotechnology of vegetables Vol. I. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. 208 p.

Salunkhe, D. K. and B. B. Desai. 1984. Postharvest biotechnology of vegetables Vol. II CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. 194 p.

Salunkhe, D. K. and S. S. Kadam. (eds.) 1998. Handbook of vegetable science and technology. Marcel Dekker, Inc., N. Y. 721 p.

Sargent, S. A. 2004. Cassava. In: ARS, USDA, Agric. Handbook 66 revised. The Internet.

Schisler, D. A , C. P. Kurtzman, R. J. Bothast, and P. J. Slininger. 1995. Evaluation of yeasts for biological control of Fusarium dry rot of poatoes. Amer. J. Potato Res. 72(6): 339-353.

Schweers, V. H. et al. 2007. Potato harvesting. Vegetables Research and Information Center, The University of California, Davis. The Internet.

Segall, K. I. and M. G. Scanlon. 1996. Design and analysis of modified-atmosphere package for minimally processed romaine lettuce. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121(4): 722-729.

Seljasen, R., G. B. Bengtsson, H. Hoftun, and G. Vogt. 2001. Sensory and chemical changes in five varieties of carrot (*Daucus carota* L.) in response to mechanical stress at harvest and post-harvest. J. Sci. Food Agric. 81(4): 436-447.

Shattuck, V. I., R. Yada, and E. C. Lougheed. 1988. Ethylene-induced bitterness in stored parsnips. HortScience 23: 912.

Shelton, D R and M. L. Lacy. 1980 Effect of harvest duration on yield and on depletion of storage carbohydrates in asparagus roots. J. Amer. Soc. Hort. Sci 105: 332-335.

Shen, L. Q., X. Y. Wang, and G. R. Huang. 1999. Effects of modified atmosphere packaging and blanching on quality of pakchoi during storage. (in Chinese with English summary). Acta Agriculturae Zhejiangensis 11(5): 249-252. c. a. Hort. Abstr. 70(3). 2223; 2000.

Shetty, K 2007. Potato storage management for disease control University of Idaho The Internet.

Shewfelt, R L and S. E. Prussia (eds.). 1993 Postharvest handling a systems approach Academic Press, San Diego, California. 358 p

Shibairo, S. I., M K. Upadhyaya, and P M A Toivonen 1997 Postharvest moisture loss characteristics of carrot (*Daucus carota* L.) cultivars during short-term storage Scientia Horticulturae 71(1/2): 1-12

Shibairo, S I, M K. Upadhyaya, and P M. Toivonen. 1998a. Potassium nutrition and postharvest moisture loss in carrots (*Daucus carota* L.). J Hort. Sci Biotechnol 73(6). 862-866.

Shibairo, S. I., M. K. Upadhyaya, and P. M A Toivonen 1998b. Influence of preharvest water stress on postharvest moisture loss of carrots (*Daucus carota* L.). J Hort Sci Biotechnol 73(3): 347-352.

Shibairo, S. I., M. K. Upadhyaya, and P.M. A. Toivonen 1998c Replacement of postharvest moisture loss by recharging and its effect on subsequent moisture loss during short-term storage of carrots J Amer Soc Hort. Sci 123(1): 141-145.

Shoemaker, J S 1953 Vegetable growing (2nd Ed). Wiley, N Y 515 p

Shyr, J J, H T. Tsung, and P. L Tsai 1999a. Factors affecting the enzymatic browning of shredded cabbage (*Brassica oleracea* L var Capitata Group). (In Chinese with English summary). J. Chinese Soc Hort Sci 45(4): 327-336. c. a. Hort Abster. 70(6) 4975, 2000.

Shyr, J J., H T. Tsung, and P. L. Tsai 1999b. Effects of allylisothiocyanate treatment on the enzymatic browning characteristics of shredded cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L) (In Chinese with English summary) J. Chinese Soc. Hort. Sci. 45(2). 144-151 c a Hort Abstr 70(5): 4025; 2000.

Simoes, A. D N., J A. Tudela, A Allende, R. Puschmann, and M. I. Gil 2009. Edible coatings containing chitosan and moderate modified

atmospheres maintain quality and enhance phytochemicals of carrot stocks. Postharvest Biol. Technol 51(3)· 364-370.

Sims, W. L., H. Johnson, R. F Kasmire, V. E. Rubatzky, K. B. Tyler, and R. E. Voss. 1978. Home vegetable gardening. Div. Agric. Sci., Univ. Calif., Leaflet No. 2989. 42 p.

Siomos, A. S., E. Sfakiotakis, and C. C. Dogras. 1994. Effect of temperature and light on the texture of stored white asparagus spears. Acta Hort. No. 368: 167-176.

Siomos, A. S., E. M. Sfakiotakis, and C. C. Dogras. 2000. Modified atmosphere packaging of white asparagus spears. Scientia Horticulturae 84(1/2): 1-13.

Siomos, A. S., C. C. Dogras, and E. M. Sfakiotakis. 2001. Color development in harvested white asparagus spears in relation to carbon dioxide and oxygen concentration. Postharvest Biology and Technology 23: 209-214.

Siriphanich, J and A. A. Kader. 1985 Effects of CO_2 on total phenolics, phenylalanine ammonia lyase, and polyphenol oxidase in lettuce tissue. J. Amer Soc Hort Sci. 110(2): 249-253.

Slininger, P. J., D A Schisler, K. D Burkhea, and R. J. Bothast. 2003. Postharvest biological control of potato sprouting by Fusarium dry rot suppressive bacteria. Biocontrol Science and Technology 13(5): 477–494

Smith, O. 1968. Potatoes: production, storing, processing. The Avi Pub. Co., Inc., Westport, Conn. 642 p.

Smith, R. B. and A. A. Reyes. 1988. Controlled atmosphere storage of Ontario-grown celery. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113(3): 390-394.

Smirtle, D. A. 1988. Evaluation of storage methods for 'Granex' onion. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113: 877-880.

Solomon, E. B., C. J. Potenski, and K. R. Matthews. 2002. Effect of irrigation method on transmission to and persistence of *Escherichia coli* O157:H7 on lettuce. J. Food Prot. 65(4): 673-676.

Stalknecht, G. F. 1983. Application of plant growth regulators to potatoes: production and research, p. 161-176. In: L. G. Nickell (ed.). Plant growth regulating chemicals. Vol. II. CRC Pr., Inc., Boca Raton, Florida.

Stanley, R., M. Brown, N. Poole, M. Pogerson, D. C. Sige, C. Knight, C. C. Ivin, H. A. S. Epton, and C. Leifert. 1994. Biocontrol of post-harvest fungal diseases on Dutch white cabbage by *Pseudomonas* and *Serratia* antagonists in storage trials. Plant Pathology 43(4): 605-611.

Stevens, C., V. A. Khan, J. Y. Lu, C. L. Wilson, E. Chalutz, S. Droby, M. K. Kabwe, Z. Haung, O. Adeyeye, L. P. Pusey, and A. Y. A. Tang. 1999. Induced resistance of sweet potato to Fusarium root rot by UV-C hormesis. Crop Protection 18(7): 463-470.

Stijve, T. and A. A. R. de Meijer. 1999. Hydrocyanic acid mushrooms, with special reference to wild-growing and cultivated edible species. Deutsche Lebensmittel-Rundschau 95(9): 366-373. c. a. Hort. Abstr. 70(4): 3321, 2000.

Sukumaran, N. P., H. N. Kaul, D. S. Uppal, and S. S. Grewal. 1975. Effect of postharvest greening of potatoes on their chlorophyll and glycoalkoid contents and keeping quality during storage at room temperature. J. Indian Potato Association 2(2).

Suman, B. C. and C. L. Jandaik. 1991. Preservation of culture of *Agaricus bisporus* (Lange) Sing. in liquid nitrogen and its effect on yield and characters of fruiting bodies. Indian J. Myc. Plant Path. 21(1): 34-37.

Sun, X. J., Y. Bi, Y. C. Li, R. F. Han, and Y. H. Ge. 2008. Postharvest chitosan treatment induces resistance in potato against *Fusarium sulphureum*. Agr. Sci. China 7(5): 615-621.

Suojala, T. 2003. Compositional and quality changes in white cabbage during harvest period and storage. Hort. Sci. Biotechnol. 78(6). 821-827.

Suslow, T. 2007. Green asparagus: recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research & Information Center, University of California, Davis. The Internet.

Suslow, T. 2007. Radish: recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research & Information Center University of California, Davis. The Internet.

Suslow, T. V. 2007. Onion dry. Postharvest Technology Research & Information Center. University of California, Davis.

Suslow, T. V. and M. Cantwell. 2007. Celery: recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research & Information Center, University of California, Davis. The Internet.

Suslow, T. and M. Cantwell. 2007. Globe artichoke: recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology & Information Center, University of California, Davis. The Internet.

Suslow, T. V. and M. Cantwell. 2007. Mushroom: recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research & Information Center, UC, Davis. The Internet.

Suslow, T. V and M Cantwell 2007 Onion green bunching Postharvest Technology Research & Information Center, University of California, Davis. The Internet.

Suslow, T V. and M. Cantwell. 2007 Radicchio: recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research & Information Center, University of California, Davis. The Internet

Suslow, T. and M. Cantwell. 2007 Seed sprouts: recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research & Information Center, Davis. The Internet.

Suslow, T. V and M Cantwell. 2007. Spinach recommendations for maintaining postharvest quality. Postharvest Technology Research & Information Center. University of California, Davis. The Internet

Suslow, T V and R. Voss 2006 Potato; (immature early crop) – Recommendations for maintaining postharvest quality. Produce Facts, Postharvest Technology Research & Information Center, University of California, Davis The Internet

Suslow, T V , J. Mitchell, and M Cantwell. 2007. Carrot: recommendations for maintaining postharvest quality Postharvest Technology Research & Information Center, University of California, Davis. The Internet.

Suttle, J C. 2004. Involvement of endogenous gibberllins in potato tuber dormancy and early sprout growth. a critical assessment. J. Plant Physiol 161(2): 157-164

Suttle, J. C 2004 Physiological regulation of potato tuber dormancy Amer J Potato Res 81(4): 253-262.

Suzuki, Y., T Uji, and H Terai. 2004. Inhibition of senescence in broccoli florets with ethanol vapor from alcohol powder. Postharvest Biol. Technol 31: 177-182

Suzuki, Y , T Asoda, Y. Matsumoto, H Terai, and M. Kato 2005 Suppression of the expression of genes encoding ethylene biosynthetic enzymes in harvested broccoli with high temperature treatment Postharvest Biol Technol. 36. 265-271.

Takagi, H. 1990 Garlic, *Allium sativum* L., pp. 109-146. In: J. L Brewster and H. D Rabinowitch (eds.). Onions and allied crops Vol. III Biochemistry, food science, and minor crops. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.

Takatori, F. H , F. D. Souther, J I Stillman, and B Benson 1977 Asparagus production in California. Univ Calif . Div. Agric. Sci., Bul. 1882 23 p.

Takigawa, S and G. Ishii 1996. Physiological changes in carrot roots during long-term storage. (In Japanese with English summary). Research Bul Hokkaido Nat Agric Exp. Sta. No 164: 75-85. c. a. Hort. Abstr 68(1): 508; 1998.

Talburt, W. F and O. Smith (1959). Potato processing. Avi. Pub Co., Westport, Conn 475 p.

Tanaka, M 1991. Studies on the storage of onion bulbs harvested in autumn (In Japanese). Res. Bul of the Hokkaido National Agric. Exp Sta No. 156: 39-122. c. a. Hort. Abstr. 63: 264; 1993.

Tano, K., J. Arul, G Doyon, and F. Castaigne. 1999. Atmospheric composition and quality of fresh mushrooms in modified atmosphere packages as affected by storage temperature abuse. J. Food Sci. 64(6): 1073-1077.

Terai, H., A. E. Watada, C. A. Murphy, and W. P. Wergin 2000 Scanning electron microscopic study of modified chloroplasts in senescing broccoli florets HortScience 35(1): 99-103.

Tessarioli Neto, J , R A Kluge, A. P Jacomino, J A. Scarpare Filho, and A Y. Iwata. 1998 Storage of beetroots 'Early Wonder' in different kinds of package. (In Portuguese with English summary). Horticultura Brasileira 16(1): 7-10 c a. Hort. Abstr. 69(3) 2086; 1999.

Thamizharasi, V and P Narasimham. 1993 Effect of heat treatment on the quality of onion during long-term tropical storage. Inter. J. Food Sci Tech. 28(4): 397-406.

Thomas, P , A N Srirangarajan, and S P Limaye. 1975. Studies on sprout inhibition of onions by gamma irradiation. I. Influence of time interval between harvest and irradiation, radiation dose and environmental conditions on sprouting. Radiation Botany 15(3): 215-222.

Thompson, A. K. 1998. Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables CAB International, Wallingford, UK. 278 p.

Thompson, A. K. 2003. Fruit and vegetable harvesting, handling and storage. Blackwell Publishing, Oxford, Uk. 460 p.

Thompson, H C. and W. C. Kelly. 1957. Vegetable crops. McGraw-Hill Book Co., Inc., N. Y. 611 p.

Thomson, N., R. F Evert, and A. Kelman. 1995 Wound healing in whole potato tubers: a cytochemical, fluorescence, and ultrastructural analysis of cut and bruise wounds. Canad. J Bot 73(9): 1436-1450.

Thornton, M. and W. Bohl. 2007. Preventing potato bruise damage. University of Idaho, College of Agriculture, Agr. Exp. Sta. Bul. 725. 12 p. The Internet.

Tian, M. S., C. G. Downs, R. E. Lili, and G. A. King. 1994. A role for ethylene in the yellowing of broccoli after harvest. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 119(2): 276-281.

Tian, M. S., L. Davies, C. G. Downs, X. F. Liu, and R. E. Lill. 1995 Effects of floret maturity, cytokinin and ethylene on broccoli yellowing after harvest. Postharvest Biology and Technology 6(1/2): 29-40.

Tian, M. S., A. B. Woolf, J. H. Bowen, and I. B. Ferguson. 1996. Changes in color and chlorophyll fluorescence of broccoli florets following hot water treatment. J. Amer Soc. Hort Sci. 121(2): 310-313.

Tian, M. S., T. Islam, D. G. Stevenson, and D. E. Irving. 1997. Color ethylene production, respiration and compositional changes in broccoli dipped in hot water. J. Amer. Soc Hort Sci. 122(1): 112-116.

Tindall, H. D. 1983. Vegetables in the tropics The Macmillan Press Ltd , London. 533 p.

Toivonen, P. M. A. 1992. The reduction of browning in parsnips. J. Hort Sci. 67(4): 547-551.

Toivonen, P. M. A. 1997. The effects of storage temperature, storage duration, hydro-cooling, and micro-perforated wrap on shelf life of broccoli (*Brassica oleracea* L., Italica group). Postharvest Biology and Technology 10(1): 59-65.

Toivonen, P. M. A. and J. R. DeEll. 1998. Difference in chlorophyll fluorescence and chlorophyll content of broccoli associated with maturity and sampling section. Postharvest Biology and Technology 14(1): 61-64

Toivonen, P. M. A. and J. R. DeEll. 2001. Chlorophyll fluorescence, fermentation product accumulation, and quality of stored broccoli in modified atmosphere packages and subsequent air storage. Postharvest Biology and Technology 23: 61-69

Toivonen, P. M. A. and C. Forney. 2004. Kohlrabi. In: ARS, USDA Agric. Handbook 66 revised. The Internet

Toivonen, P. M. A. and M. Sweeny. 1998. Difference in chlorophyll loss at 13°C for two broccoli (*Brassica oleracea* L.) cultivars associated with antioxidant enzyme activities. J. Agric. Food Chem. 46(1): 20-24.

Toivonen, P. M A., M. K. Upadhyaya, and M. M. Gaye. 1993. Low temperature preconditioning to improve shelf life of fresh market carrots. Acta. Horticulturae 343: 339-340.

Tomás-Barberán, F. A., J. Laiza-Verlarde, A. Bonfanti, and M E Saltveit. 1997. Early wound- and ethylene-induced changes in phenylpropanoid metabolism in harvested lettuce. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122(3): 399-404.

Tomás-Barberan, F A., M I Gil, M. Castaner, F. Artés, and M. E Saltveit. 1997a. Effect of selected browning inhibitors on phenolic metabolism in stem tissue of harvested lettuce J Agric Food Chem 45(3) 583-589.

Tomlins, K. I., G. T. Ndunguru, E. Rwiza, and A Westby 2002 Influence of pre-harvest curing and mechanical injury on the quality and shelf-life of sweet potato (*Ipomoca baratas* (L) Lam) in East Africa. J. Hort Sci Biotechnol 77(4) 399-403.

Tseng, Y H and J L Mau 1999 Contents of sugars, free amino acids and free 5'-nucleotides in mushrooms, *Agaricus bisporus*, during post-harvest storage J Sci Food Agric 79(11). 1519-1523.

Turk, R and E Celik 1994. The effect of vacuum cooling on the quality criteria of some vegetables. Acta Horticulturse No. 368. 825-829.

Tweddell, R J., R Boulanger, and J. Arul. 2003. Effect of chlorine atmospheres on sprouting and development of dry rot, soft rot and silver scurf on potato tubers. Postharvest Biology and Technology 28 445-454.

Twiss, P. T. G. 1963. Quality as influenced by harvesting and storage, pp. 281-291 In. F. L Milthorpe and J. D. Ivins (eds.). The growth of the potato. Butterworths, London.

Uddin, M M and H S MacTavish. 2003. Controlled atmosphere and regular storage-induced changes in S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxides and alliinase activity in onion bulbs (*Allium cepa* L. cv. Hysam). Postharvest Biology and Technology 28: 239-245.

University of California. 1987. Integrated pest management of cole crops and lettuce. Div. Agric. Natural Resources. Pub. No. 3307. 112 p.

Uritani, I. 1982. Postharvest physiology and pathology of sweet potato from the biochemical viewpoint. In: R. L. Villareal and T. D. Griggs (eds.). Sweet potato, pp. 421-428. Asian Vegetable Research and Development Center, Taiwan.

Van der Meer, Q. P and P Hanlet. 1990. Leek (*Allium ampeloprasum*), pp. 179-196. In: J. L. Brewster and H D. Rabinowitch (eds). Onions and

allied crops. Vol. III. Biochemistry, food science, and minor crops. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.

Van Wassenhove, F., P. Dirinck, G. Vulsteke, and N. Schamp. 1990. Aromatic volatile composition of celery and celeriac cultivars. HortScience 25(5): 556-559.

Villavicencio, L. E., S. M. Blankenship, G. C. Yencho, J. F. Thomas, and C. D. Raper. 2007. Temperature effect on skin adhesion, cell wall enzyme activity, lignin content, and periderm histochemistry of sweetpotato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. No. 132.

Vokou, D., S. Vareltzidou, and P. Katinakis. 1993. Effects of aromatic plants on potato storage: Sprout suppression and antimicrobial activity. Agriculture, Ecosystem & Environment 47(3): 223-235.

Voss, R. E (ed). 1979. Onion production in California. Univ. Calif, Div. Agr Sci, Priced Pub No. 49 p.

Voss, R. E 2004 Potato. In ARS, USDA Agric Handbook 66 revised The Internet

Voss, R. E, K G Baghott, and H Timm. 2007. Proper environment for potato storage Vegetable Research and Information Center. The University of California, Davis The Internet.

Wall, M M and J N Corgan. 1994. Postharvest losses from delayed harvest and during common storage of short-day onions. HortScience 29(7): 802-804.

Wall, A. D and J. N. Corgan 1999 Yield and dry weight of dehydrator onions after uprooting at maturity and delaying harvest. HortScience 34(6): 1068-1070.

Wang, C. Y. 1998. Heat treatment affects postharvest quality of kale and collard, but not of Brussels sprouts. HortScience 33(5): 881-883

Wang, C. Y. 2000. Effect of heat treatment on postharvest quality of kale, collard and Brussels sprouts. Acta Horticulturae No. 518: 71-78.

Wang, C. Y and Z. L. Ji. 1988. Abscisic acid and ACC content of Chinese cabbage during low-oxygen storage. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113(6): 881-883

Ware, G. W and J. P. McCollum. 1980 (3rd ed.). Producing vegetable crops. The Interstate Printers & Publishers, Inc, Danville, Illinois. 607 p.

Watanabe, K., T Kamo, F Hishikawa, and H. Hyodo. 2000. Effect of methyl

jasmonate on senescence of broccoli florets. J. Jap. Sco. Hort. Sci. 69(5): 605-610.

Weaver, R. J. 1972. Plant growth substances in agriculture. S. Chand & Co. Ltd, New Delhi. 594 p.

Whitaker, T. W., A. F. Sherf, W. H. Lange, C. W. Nicklow, and J. D. Radewald. 1970. Carrot production in the United States. U.S. Dept. Agric., Agric. Handbook 375. 37 p.

Whitesides, R. E. (comp). 1981. Oregon weed control handbook. Ext. Serv., Oregon State Univ., Corvallis. 162 p.

Williams, R. O. and A. H. Cobb. 1992. The relationship between storage temperature, respiration, reducing sugar content and reconditioning regime in stored potato tubers. Aspects of Applied Biology No. 33: 213-220.

Wills, R., B. McGlasson, D. Graham, and D. J. Joyce. 1998. Postharvest an introduction to the physiology & handing fruit, vegetables & ornamentals. CAB International, Wallingford, UK 262 p.

Wills, R. B. H., M. A. Warton, and J. K. Kim. 2003. Effect of low levels of ethylene on sprouting of potatoes in storage. HortScience 39(1): 136-137.

Wills, R. B. H., P. Pristijono, and J. B. Golding. 2007. Use of nitric oxide to reduce surface browning of fresh cut lettuce and apple slices. Acta Hort. 746: 237-244.

Wilson, D. R., C. G. Cloughley, and S. M. Sinton. 2009. *AspireNZ*: a decision support system for managing root carbohydrate in asparagus (www.aspirenz.com).

Wojciechowska, R., M. Leja, A. Mareczek, and S. Rozek. 1999. The effect of mechnical damage on some nutritional constituents in cabbage as related to applied nitrogen fertilizers and short-term storage. Folia Horticulturae 11(2): 43-55.

Wolyn, D. J. 1993. Estimates of marketable yield in asparagus using fern vigor index and a minimum number of daily harvest records. J. Amer Soc. Hort. Sci. 118(5): 558-561.

Wright, P. J., D. G. Grant, and C. M. Triggs. 2001. Effects of onion (*Allium cepa*) plant maturity at harvest and method of topping on bulb quality and incidence of rots in storage. New Zealand. J. Crop Hort. Sci. 29(2): 85-91.

Wu, J. J., J. S. Yang, and M. S. Liu. 1996. Effects of irradiation on the volatile compounds of garlic (*Allium sativum* L.). J. Sci. Food Agric. 70(4): 506-508.

Yamaguchi, M 1983 World vegetables principles, production and nutritive values. AVI Pub. Co., Inc., Westport, Connecticut. 415 p.

Yamaguchi, N. and A. E. Watada. 1998. Chlorophyll and xanthophyll changes in broccoli florets stored under elevated CO_2 or ethylene containing atmosphere. HortScience 33(1): 114-117.

Yamashita, I., M. Nagata, L. Gao, and T. Kurogi. 1993. Influence of temperature on quality of broccoli under modified atmosphere packaging. (In Japanese with English summary). J. Jap. Soc. Food Sci. Technol 40(11): 764-770. c. a. Hort. Abstr. 65(10): 8879; 1995.

Yang, J., J. R. Powers, T. D. Boylston, and K. M. Weller. 1999. Sugars and free amino acids in stored Russet Burbank potatoes treated with CIPC and alternative sprout inhibitors. J Food Sci. 64(4): 592-596.

Yang, Y. J , K. A Lee, and K J. Kim. 2000 Effect of pre- and postharvest factors on nitrate contents of radish and Chinese cabbage. (In Korean with English summary) J Korean Soc Hort Sci 41(4): 365-368. c a. Hort Abstr. 71(4): 3143, 2001.

Yanta, J P and C Tong 2007 Commercial postharvesr handling of potatoes (*Solanum tuberosum*). University of Minnesota Extension Service The Internet.

Ye, C L., Y. Q. Ke, and W Chen 1996 Effects of free radical scavengers on delaying the senescence in flower buds of broccoli (In Chinese with English summary). Acta Horticulturae Sinica 23(3): 259-263 c a. Hort Abstr. 67(7) 5881; 1997.

Yoo, K S. and L. M. Pike 1995 Postharvest losses of mechanically injured onions after curing HortScience 30(1): 143

Zagory, D. 1998 A practical workshop for the optimization of Egyptian produce packaging. Agricultural Technology Utilization & Transfer Project. Ministry of Agriculture and Land Reclamation, Cairo. 32 p.

Zaicovski, C. B., T. Zimmerman, L Nora, F. R. Nora, J. A. Silva, and C. V Rombaldi. 2008 Water stress increases cytokinin biosynthesis and delays postharvest yellowing of broccoli florets. Postharvest Biol. Technol 49(3): 436-439

Zhang, Z., C C Wheatley, and H Corke 2002. Biochemical changes during storage of sweet potato roots differing in dry matter content Postharvest Biol. Technol. 24 317-325

Zheng, Y. H and Y F Xi. 1994. Preliminary study on colour fixation and

controlled atmosphere storage of fresh mushrooms. (In Chinese with English summary). J. Zhejiang Agric. Univ. 20(2): 165-168. c. a. Hort. Abstr. 66(7)· 6062; 1996.

Zheng, X M., B. Y. Zhou, Y. Y. Wang, B. J. Li, and Y. F. Xie. 1994. Physiological changes of postharvest asparagus spear. Acta Agriculturae Zhejiangensis 6(3): 188-191.